taifas

fizica nemuririi

Dumnezeu, cosmologie modernă şi învierea morţilor

frank j. tipler

EDITURA TEHNICA

taifas

frank j. tipler

fizica nemuririi

Dumnezeu, cosmologie modernă şi învierea morților

frank j. tipler

Frank J. Tipler s-a născut în orăşelul Andalusia, din sudul Alabamei, la 1 februarie 1947.

A urmat cursurile Facultăţii de Fizică din cadrul M.I.T., pe care a absolvit-o în 1969, familiarizâdu-se cu teoria cuantică a multiversului şi cu teoremele singularităţii, dezvoltate de Stephen Hawking şi Roger Penrose.

În anul 1976 a obţinut doctoratul în fizică, iar în anul 1979, lucrează cu celebrul fizician John A. Wheeler.

În anul 1981 a devenit profesor de fizică-matematică la Universitatea Tulane.

De atunci şi până în prezent a lucrat la elaborarea principalelor implicaţii ale cercetărilor sale, şi anume că mecanica cuantică şi teoria relativităţii generalizate cer ca Singularitatea Cosmologică – Cauza primă, necauzată – să constea din Trei Persoane şi o singură Cauză. Aceste rezultate au fost recent reunite într-o carte de popularizare publicată în 2007 şi al cărei titlu este *The Physics of Christianity.*

Alte lucrări publicate:

1. *Eseuri de teoria relativităţii generalizate* (Academic Press, New York, 1980).
2. *Omul şi cosmosul,* împreună cu John D. Barrow şi M.-O. Monchicourt, postfaţă de Hubert Reeves (Imago-Radio France, Paris, 1984).
3. *Principiul Antropic Cosmologic,* cu J. D. Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1986; Editura Tehnică, 2001).

frank j. tipler

fizica nemuririi

Dumnezeu, cosmologie modernă şi învierea morţilor

traducere şi adaptare din limba engleză:

roman chirilă

şi

doina ţimpău

EDITURA TEHNICA

Bucureşti, 2008

Ediția originală:

The Physics of Immortality.
Modern Cosmology, God and the Resurrection of the Dead
Copyright © 1994, Frank J. Tipler. All rights reserved.

Ediția în limba română:
Copyright © 2008 **Editura TEHNICĂ**
Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate editurii.

Adresă: **Editura TEHNICĂ**
Str. Olari, nr. 23, sector 2
cod 024056
Bucureşti, România

www.tehnica.ro

coordonatorul colecției
roman**chirilă**

procesare pc
marina**graur**

lectură editorială
marina**graur**

design copertă
s.c. cfb&d s.r.l.

layout & pre-press
iuliana**panciu**

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
TIPLER, FRANK J.
Fizica nemuririi: Dumnezeu, cosmologie modernă şi învierea morţilor / Frank J. Tipler, trad.: Roman Chirilă, Doina Ţimpău. - Bucureşti : Editura Tehnică, 2008
Bibliogr.
Index
ISBN 978-973-31-2327-9

I. Chirilă, Roman (trad.)
II. Ţimpău, Doina (trad.)

524.8

Bunicilor soției mele, străbunicii copiilor mei

JÓZEFA BASAREWSKA și ADAM ROKICKI
Împușcați de naziști în 1940, pentru crima de a fi polonezi.

JÓZEF BASAREWSKI
Torturat de Gestapo și mort la puțin timp după.

Toți trei fiind cetățeni ai orașului Toruń, Polonia,
locul de naștere al lui Copernic.

Care au murit cu speranța Învierii Universului, și a căror
speranță se va săvârși, cum voi arăta în această carte,
aproape de Sfârșitul Timpului.

Eternal must that progress be
Which Nature through futury
Decrees the human soul;
Capacious still, it still improves
As through the abyss of time it moves,
Or endless ages roll.

Its knowledge grows by every change;
Through science vast we see it range
That none may here acquire;
The pause of death must come between
And Nature gives another scene
More brilliant, to admire.

Thus decomposed, or recombined,
To slow perfection moves the mind
And may at last attain
A nearer rank with that first cause
Which distant, though it ever draws,
Unequalled must remain.

Veşnic trebuie să fie acel progres
Pe care, prin viitorime, Natura
Micşorează sufletul omenesc;
El, încă plin, continuă să se-mplinească
Când prin abisul timpului se mişcă,
Sau nesfârşite veacuri se rostogolesc.

Cunoaşterea-i sporeşte cu fiece schimbare;
Prin imensa lui Ştiinţă vedem cum el cuprinde
Ceea ce aici nimeni nu poate să pretindă;
Pauza morţii trebuie să se interpună
Iar Natura alt decor oferă
Mai strălucitor, să fie admirat.

Astfel descompusă, ori recompusă iară
Lent se-ndreaptă mintea către perfecţiune
Şi în final ea poate să atingă
O stare mai apropiată de cea a primei cauze
Care se-ndreaptă, deşi mereu schiţată,
Ea trebuie să rămână cea neegalată.

Din „Asupra puterilor înţelegerii omeneşti"
de Philip Freneau (1752-1832),
cunoscut ca
„poet al Revoluţiei americane"
şi ca
„fondatorul poeziei americane".

prefață

Se întâmplă extrem de rar în zilele acestui veac să întâlneşti o carte care să proclame unificarea ştiinţei cu religia. Este un fapt unic să găseşti o carte care să afirme, aşa cum o voi face eu în cuprinsul aceste cărţi, că teologia este o ramură a fizicii, că fizicienii pot deduce prin calcul existenţa lui Dumnezeu, precum şi inerenţa învierii morţilor către o viaţă veşnică în exact aceeaşi manieră în care fizicienii calculează proprietăţile electronului. Evident, se poate pune întrebarea dacă sunt serios.

Sunt foarte serios. Dar sunt la fel de surprins ca şi cititorul. Când mi-am început cariera de fizician în cosmologie, în urmă cu mai bine de 20 de ani, eram un ateu convins. Niciodată, nici în cele mai aiurite vise, nu mi-am închipuit că într-o zi voi scrie o carte cu pretenţia de a demonstra că principalele revendicări ale teologiei iudeo-creştine sunt în esenţă adevărate, că aceste revendicări constituie concluzii directe ale legilor fizicii aşa cum le înţelegem noi în prezent. Am fost împins către aceste concluzii de logica implacabilă a propriei mele ramuri speciale din fizică.

În 1976 am obţinut doctoratul în domeniul relativităţii globale generalizate. Această ramură a fizicii, creată către sfârşitul anilor 1960 şi începutul anilor 1970 de către importanţii fizicieni englezi Roger Penrose şi

Stephen Hawking, ne permite să tragem concluzii foarte profunde şi foarte generale despre structura spaţiului şi timpului, privind universul în totalitatea *sa, în ambele dimensiuni – spaţiu şi timp.*

Acum, ne putem gândi că o astfel de reprezentare despre univers este imaginea tuturor cosmologilor, dar nu-i chiar aşa. Aproape toţi cosmologii se ocupă cu ceea ce se cheamă universul vizibil: *acea parte a universului al cărei trecut poate fi văzut de pe Pământ. Cum universul şi-a început existenţa în urmă cu circa 20 miliarde ani şi cum nimic nu se deplasează cu o viteză mai mare decât cea a luminii, putem în principiu să observăm trecutul galaxiilor care sunt acum la circa 20 miliarde de ani-lumină depărtare: deci, universul vizibil este o sferă cu un diametru de circa 20 miliarde de ani-lumină.*

Pentru oricine priveşte universul în totala sa întindere în spaţiu, dar în special în timp, este evident faptul că universul vizibil nu-i decât o foarte mică fărâmă din realitate. Este aproape sigur că universul va continua să mai existe pentru încă alte 100 miliarde de ani, sau poate şi mai mult. Cu alte cuvinte, porţiunea din spaţiu-timp care poate fi observată de pe Pământ este relativ neimportantă în raport cu porţiunea care ţine de viitorul nostru; noi, oamenii, existăm odată cu copilăria foarte timpurie a cosmosului. Prin urmare, ca un fizician specializat în relativitatea globală, am conştientizat faptul că aş putea să studiez viitorul universului, deoarece acesta cuprinde aproape tot spaţiul şi timpul. Nu este cu putinţă să priveşti universul în totalitatea sa în cele două dimensiuni – spaţiu şi timp – ignorând în acelaşi timp aproape întregul spaţiu şi întregul timp.

Dar cum se calculează comportarea universului în viitorul îndepărtat? Colegul meu, astrofizicianul englez John D. Barrow, a demonstrat că această comportare ar putea fi haotică, ceea ce înseamnă că evoluţia universului

devine impredictibilă după un timp relativ scurt la scară cosmologică. Se ştie deja că evoluţia de tip haotic este un numitor comun la toate scările astronomice: la scara sistemului solar, la scara galaxiilor, la scara clusterelor de galaxii, şi tot aşa până la scara întregului univers însuşi.

În plus, un calcul simplu arată că, deoarece haosul apare la toate dimensiunile, fiinţele inteligente ar fi în stare să folosească aceste instabilităţi pentru a manipula mişcarea materiei la scară foarte mare. Cu alte cuvinte, prezenţa posibilă şi acţiunile unei vieţi inteligente nu pot fi ignorate din niciun calcul de evoluţie al viitorului îndepărtat. Ar părea, deci, că efectuarea acestui calcul este mai mult decât imposibil, deoarece comportamentul uman este absolut impredictibil. Într-o societate cu fiinţe vii inteligente vom avea un haos în plus adăugat la haosul din ecuaţiile lui Einstein.

Interesant, acest lucru nu este adevărat. Cele două surse de haos se anulează reciproc. Ceea ce se întâmplă este că viaţa inteligentă, pentru a supravieţui, trebuie să utilizeze haosul în sensul legilor fizicii, pentru a forţa evoluţia universului către un număr extrem de restrâns de posibile deveniri. Luând în calcul şi biologia, aceasta ne permite să tratăm fizica viitorului îndepărtat.

Dar pentru a efectua calculele, este esenţial faptul de a traduce conceptele fundamentale de biologie în limbajul fizicii. Este nevoie să privim toate formele de viaţă – inclusiv fiinţele umane – ca subiecte ale aceloraşi legi ale fizicii, ca şi electronii sau atomii. Prin urmare, eu privesc o fiinţă umană ca pe nimic altceva decât un soi particular de maşină, sufletul omenesc ca pe nimic altceva decât un program rulat de un calculator numit creier. În plus, toate tipurile posibile de fiinţe vii, inteligente sau nu, sunt de aceeaşi natură şi subiecte ale aceloraşi legi ale fizicii.

Mulţi oameni consideră această schemă extrem de simplistă a vieţii nu doar greşită, ci chiar respingătoare. Cu

toate acestea, eu cred că ostilitatea lor nu se referă atât la schema reducționistă ca atare, cât la ceea ce ei cred în mod eronat ca fiind consecințele acestui reducționism. Ei sunt convinși în ceea ce privește oamenii ca mașini că acest lucru ar însemna faptul că aceștia nu ar avea „liber arbitru", că nu ar exista speranța unei vieți individuale după moarte, că viața însăși nu ar fi decât o parte total nesemnificativă a unui „univers zdrobitor de ostil".[1]

De fapt, adevărul este exact contrariul. Faptul că oamenii sunt mașini de un soi foarte special ne permite să demonstrăm *că noi, oamenii, avem probabil liber arbitru, că vom avea viață după moarte într-un sălaș care seamănă cu Raiul descris în cele mai mari religii ale lumii și că viața, departe de a fi insignifiantă, poate fi privită drept cauza ultimă a chiar existenței universului însuși. Cum se petrece acest lucru din punctul de vedere al fizicii, iată subiectul acestei cărți. Faptul că toate aceste aserțiuni reprezintă o consecință a reducționismului fizic a constituit chiar pentru mine însumi o mare surpriză. Așa cum am spus mai sus, când am început cariera de fizician, nu mi-am imaginat niciodată că voi scrie într-o zi, ca fizician, faptul că cerurile există și că fiecare dintre noi ne vom bucura de viață după moarte. Dar iată-mă scriind ceea ce eul meu mai tânăr ar privi ca pe un nonsens științific. Și iată-mă aici – căci sunt fizician și nu pot face altfel.*

Evident, se poate pune întrebarea de ce aceste idei din cosmologia fizică au apărut abia în ultima decadă a secolului al XX-lea. Bună întrebare. Explicația parțială ar fi aceea că tehnicile matematice de analiză a structurii globale a universului nu au existat până acum circa 25 de ani în urmă. Dar o explicație mai profundă este aceea că majoritatea fizicienilor au ignorat viitorul universului fizic. Faptul că viitorul nu este la fel de real ca și prezentul sau trecutul a părut a fi un consens tacit, în ciuda faptului că toate teoriile fundamentale ale fizicii dezvoltate în ultimele

trei secole – mecanica newtoniană, relativitatea generalizată, mecanica cuantică, teoria stringurilor – au insistat asupra faptului că nu există nicio distincție fundamentală între trecut, prezent și viitor. Deci, viitorul este la fel de real ca și prezentul. Acum 50 ani în urmă, universul timpuriu era un subiect la fel de tabú. Așa cum spune laureatul premiului Nobel pentru fizică, Steven Weinberg:

> *...Eu cred că ... teoria „big bang" nu a condus la o cercetare a radiației de fond 3 K, deoarece a fost extraordinar de dificil pentru fizicieni să ia în serios* orice *teorie despre universul timpuriu. (Vorbesc aici în parte din reconsiderarea propriei mele atitudini de dinainte de 1965)... [Universul timpuriu este] atât de îndepărtat de noi în timp, condițiile de temperatură și densitate sunt atât de nefamiliare încât resimțim un real disconfort în aplicarea teoriilor noastre obișnuite de mecanică statistică și fizică nucleară.*
>
> *Așa se întâmplă adesea în fizică – greșeala noastră nu este că luăm prea în serios teoriile noastre, ci că nu le luăm prea în serios. Este greu să înțelegem întotdeauna că aceste numere și ecuații cu care ne jucăm la birou au legătură cu lumea reală. Chiar mai rău, adeseori pare a fi un consens general că anumite fenomene sunt tocmai potrivite pentru un efort teoretic respectabil și experimentat.*[2]

Eu iau în considerare viitorul îndepărtat al universului la fel de în serios ca și universul timpuriu. Ecuațiile fizicii ne spun să luăm în considerare viitorul îndepărtat la modul serios și, până ce nu voi avea proba experimentală a contrariului, eu voi crede în ceea ce spun ecuațiile. Sper că și confrații mei fizicieni vor face la fel. În această carte intenționez să arăt că prin ignorarea viitorului îndepărtat ei pierd ocaziile de a face fizică la fel cum au făcut-o anterior, ignorând universul timpuriu.

Este cu atât mai surprinzător pentru mine faptul că teologii au ignorat viitorul fundamental al cosmosului. Acest viitor fundamental este de presupus a fi preocuparea supremă a celor două religii principale ale Occidentului, creştinismul şi islamismul. Prin urmare, disciplina centrală pentru ambele religii ar trebui să fie eshatologia, *care se ocupă cu studiul „lucrurilor de pe urmă". Tradiţional, eshatologia are de a face cu chestiuni de tipul: dacă să aşteptăm o viaţă după moarte, cu ce va semăna viaţa de dincolo şi cum va veghea Dumnezeu asupra omenirii în această viaţă de dincolo.*

De vreo şase ani încoace, în cariera mea m-am intersectat cu teologi şi profesori de religie şi am avut impresia că, în afară de câteva excepţii, aceştia sunt mai curând nişte ignoranţi în ale eshatologiei. Daţi-mi voie să-mi justific acuzaţia prin a vă povesti una dintre recentele mele experienţe. În anul 1990, Congresul Anual al Academiei de Religii din America s-a întâmplat să aibă loc la New Orleans. Am aşteptat cu viu interes expunerea unui istoric de la Universitatea Columbia, specialist celebru asupra Evului Mediu, care a vorbit despre credinţele medievale cu privire la viaţa de după moarte. Acesta a discutat pe larg o analiză a Sfântului Toma d'Aquino, cel mai mare dintre teologii medievali, despre o problemă tehnică care apare odată cu ideea învierii morţilor: dacă această înviere universală este însoţită de recompunerea atomilor originali din care sunt alcătuiţi morţii, atunci din punct de vedere logic nu ar fi posibil pentru Dumnezeu să învie şi canibali? Fiecare din atomii lor aparţine altcuiva! Auditoriul, câteva sute de teologi şi profesori de religie, s-a amuzat de această „problemă" şi a râs zgomotos.

Eu nu am râs. Când am citit prima dată analiza lui d'Aquino, pe care am întâlnit-o atunci când am început să mă gândesc serios la problemele asociate cu învierea universului, atunci am râs. Dar foarte curând am înţeles că

exemplul cu canibalul lui d'Aquino a fost subtil ales pentru a putea ilustra problema identității personale dintre persoana originală şi cea înviată; stabilirea acestei identități constituie problema centrală care trebuie rezolvată în orice teorie de înviere a morților. Orice discipol care s-a gândit în mod serios la învierea morților trebuie să fi ajuns la analiza lui d'Aquino, să-i fie familiar exemplul cu canibalii, deci să nu fi râs atunci când acesta a fost menționat. Eu deduc faptul că profesorul american de teologie/religie nu s-a gândit niciodată serios la problema învierii morților. Eshatologia a fost părăsită în favoarea fizicienilor.[3]

Noi, fizicienii, suntem un grup extrem de arogant de discipoli. Aroganța noastră provine din percepția simplificatoare că ştiința noastră este cea fundamentală, precum şi din realizările noastre indiscutabile din ultimele câteva secole. Ceea ce promitem, în general oferim. Indiferent de ceea ce se gândeşte despre semnificația socială a bombei nucleare, aceasta funcționează şi încă într-o manieră indiscutabilă. Eclipsele solare apar exact atunci când le prezicem apariția. Surprinzător, ca unul care şi-a consumat întreaga sa viață pentru fizică, deci ca un fizician manqué, *eu nu împărtăşesc această aroganță. În publicațiile mele anterioare despre religie şi fizică, am încercat să ascund această aroganță (fără prea mare succes). Totuşi, în această carte nu m-am sinchisit prea mult, deoarece în principal această tăinuire m-a împiedicat în trecut să prezint cazul cel mai puternic de reducționism. Şi reducționismul este adevărat. În plus, acceptarea reducționismului permite să integrăm total religia şi ştiința.*

Mulți dintre confrații mei fizicieni m-au avertizat serios să evit utilizarea cuvintelor de tipul „Dumnezeu", „rai", „liber arbitru" şi alte asemenea. Prietenii mei cred că aceste cuvinte au fost alterate de filosofi şi teologi, devenind sinonime cu „nonsens". „Punctul Omega" este o

frumoasă construcție de fizică pură și n-ar trebui să fie pângărită, numind-o „Dumnezeu". Prietenii mei au într-un fel dreptate, dar în limbajul popular cuvintele teologale vechi păstrează o coerență aproximativă, iar eu propun să le introducem ca termeni tehnici care, așa cum va vedea cititorul în capitolele din această carte, au semnificația lor populară aproximativă. „Învierea morților" are pentru cetățeanul de pe stradă o semnificație clară și fără echivoc și, dacă fizica prezice că un astfel de eveniment va avea loc într-o zi, atunci adoptarea unui nou vocabular pentru a-l descrie pare nejustificat. O altă rațiune a sfatului lor bine intenționat este acela că prietenii mei fizicieni sunt atei, ca regulă generală, și care cred că religia este un fenomen al viziunii despre lume preștiințific. Ei sunt convinși că ipoteza existenței lui „Dumnezeu" este una care a fost infirmată demult.

Pe de altă parte, noi, fizicienii, constatăm uneori că teorii demult respinse trebuie la un moment dat reconsiderate. Copernic era perfect conștient că dezgroapă o teorie care a fost respinsă de astronomi cu aproape două mii de ani înainte. Studentul său Rheticus scria în 1539: „Profesorul meu [Copernicus] este convins, totuși, că metoda respectivă a dominației Soarelui pe tărâmul naturii trebuie reînviată"[4]... Copernic însuși în propria sa carte, publicată la patru ani după ce Rheticus a scris aceste cuvinte, a subliniat faptul că și astronomii antici au avut în vedere sistemul heliocentric pe care ulterior l-au respins.

Este timpul ca oamenii de știință să reconsidere ipoteza existenței lui Dumnezeu. Sper ca această carte să-i convingă. A sosit vremea ca teologia să fie absorbită de fizică, să facă Raiul la fel de real cum este și un electron.

Autorul

Fort Walton Beach, Florida
Iulie, 1993

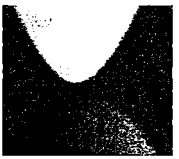
mulțumiri

Multe mulțumiri se cuvin prietenilor și colegilor mei care au făcut comentarii asupra versiunilor precedente sau asupra secțiunilor separate ale acestei cărți și care au discutat cu mine diferite aspecte tehnice. Mă simt îndatorat, în particular, lui Peter C. Aichelburg, Robert Beig, Jacob Bekenstein, Frank Birtel, Brice Cassenti, David Deutsch, Willem Drees, George F. R. Ellis, Dieter Flamm, Antony Flew, James Force, Robert Forward, Martin Gardner, Thomas Gilbert, K. Hidaka, Christopher Hill, Sidney Hook (decedat), Bei Lok Hu, Morris Kalka, Andrei Linde, Val A. McInnes, Peter Moore, Heide Narnhofer, Joseph Needham, John Polkinghorne, Frank Quigley, Sir Martin Rees, Helmut Rumpf, Robert John Russell, Nathan Sivin, Walter Thirring, Jolanta Rokicka Tipler, John Updike și John A. Wheeler. Am învățat o mulțime de lucruri de la studenții din Tulane aflați la Colocviul despre Punctul Omega, ținut la Universitatea din Tulane în toamna anului 1990. Îmi face plăcere să le mulțumesc atât acestor studenți, cât și cărturarilor care au călătorit până în New Orleans pentru a participa la acest Colocviu și în special lui Willem Drees, Antony Flew, Philip Hefner, Ella Moravec, Hans Moravec și Robert J. Russell.

Sunt recunoscător în mod special profesorului Wolfhart Pannenberg pentru schimbul de scrisori care a jucat un rol crucial în îmbunătățirea conținutului acestei cărți. Pannenberg constituie o extrem de rară excepție printre teologii secolului al XX-lea: el își bazează teologia sa pe eshatologie și pentru el „Raiul" nu este doar o metaforă, ci ceva care în mod real va exista în viitor. Prin urmare, el este unul dintre foarte puținii teologi moderni care cred cu adevărat că fizica trebuie să fie întrețesută cu teologia și face un efort serios pentru a înțelege știința modernă. Observațiile mele foarte critice îndreptate împotriva teologilor moderni nu sunt valabile și pentru el. Datoria mea intelectuală față de el va deveni evidentă în cele ce urmează.

Dar cea mai mare datorie intelectuală și deci recunoștința mea cea mai adâncă se îndreaptă către colegul meu și coautor (al unei cărți și altor multe articole de cercetare), profesorul John D. Barrow, cu care am publicat o versiune anterioară a Teoriei Punctului Omega. Teoria fecundă a lui John despre haos în relativitatea generalizată a constituit o piatră de temelie pentru Teoria Punctului Omega, așa cum o voi clasifica și în text.

Scrierea cărții și cercetarea asupra Teoriei Punctului Omega au fost parțial suportate de către Fonds National de la Recherche Scientifique din Belgia, Tomalla Stiftung din Elveția, Honors Program din Tulane, Catedra de Iudeo-Creștinism din Tulane, Fundacion Federico's Gravitation and Cosmology Project și Austrian Bundesministerium für Wissenschraft und Forschung cu numărul de bursă GZ 30.401/1 -23/92.



cuprins

Prefață *ix*
Mulțumiri *xvii*
Matematică și convenții folosite în carte *xxiv*

1. Introducere **1**

2. Limitele ultime ale călătoriei în spațiu **21**

Călătoria în spațiu a omului și a unei mașini inteligente 21
Poate fi inteligentă o mașină? 23
Cum să construim o sondă robot interstelară 55
O specie călătoare prin spațiu poate înghiți și controla în cele din urmă întregul univers 68

3. Progrese realizate împotriva Eternei Reîntoarceri și a Morții Termice **82**

Moartea Termică în fizica secolului al XIX-lea 84
Eterna Reîntoarcere în filosofie, religie și politică 91
Fizica și Eterna Reîntoarcere 111
Teorema de Recurență a lui Poincaré 112
Recurența Markov Probabilistă 118
Mecanica cuantică este aproape periodică 120
Teoremele de Nerevenire din relativitatea generalizată 125
Triumful progresului 129

4. Fizica din preajma stării finale: Teoria clasică a Punctului Omega **154**

Definiția pentru „Viață", „Persoană" și „Suflet" în limbajul calculatorului 154
Ce înseamnă viața să existe de-a pururi? 159
Teste experimentale ale Teoriei Punctului Omega 172
Implicații teologice: omniprezența, omnisciența și omnipotența 191

5. Determinism în relativitatea clasică generalizată și în mecanica cuantică **198**

Eșecul antic al împăcării omniscienței lui Dumnezeu cu liberul arbitru 198
Tipuri de contingență în fizică și relația lor cu evoluția temporală 200
Mecanica cuantică nerelativistă este deterministă 208

6. Versiunea cuantică a Teoriei Punctului Omega **216**

Ideile de bază ale cosmologiei cuantice 216
Condiția la Limită Hartle–Hawking a funcției de undă universale 221
Condiția la Limită a Punctului Omega pentru funcția de undă universală 224
Implicații teologice: funcția de undă universală, ca Sfântul Duh 227

7. Despre cum poate apărea liberul arbitru din mecanismul cosmologic cuantic **231**

Distincția dintre determinism și nedeterminism 231
Evitarea conflictului dintre omniscienta divină și liberul arbitru uman 233
Teoria Cuantică a Punctului Omega nu este deterministă 234
Cum ar putea fi utilizat nedeterminismul cosmologiei cuantice în gândirea umană 241

De ce acest nou tip de nedeterminism nu înseamnă „doar şansă“ 246
Condiția la Limită a Punctului Omega: factorul determinist este o finalitate ontologică 252

8. Punctul Omega şi universul fizic există în mod necesar 255

Argumentul ontologic în ştiința calculatoarelor 255
Simulări şi emulații 256
Algoritmul pentru a decide care dintre concepte există în mod fizic 261
Proba Postulatului Vieții Veşnice 264
Cum creează Punctul Omega universul fizic 266

9. Fizica învierii morților la viața veşnică 270

Nemurirea socială ca o consecință a Teoriei Punctului Omega 270
Mecanismul fizic al învierii individuale 272
Proba că emularea întregului univers vizibil este fizic posibilă 275
Când vor fi înălțați morții? 280
De ce vor fi înviați morții? 282
Teoria modelului contra teoriei continuității identității 283
Mecanica cuantică susține teoria modelului identității 286
Corabia lui Theseu 291
Teoria continuității: o emulație mai târzie este identică cu persoana originală 293

10. Ce se întâmplă după înviere: Rai, Iad şi Purgatoriu 300

Motive pentru a crede că Punctul Omega ne va învia către viața veşnică 305
Existența şi natura Iadului şi Purgatoriului 312
O descriere a vieții din Rai 318

Problema Răului: o teodicitate a Punctului Omega 323
Nemurirea socială, nemurirea personală şi progresul veşnic sunt identice 331

11. Comparaţie între Raiul prezis de fizica modernă şi viaţa de apoi aşa cum apare ea în marile religii ale lumii 336

Nemurirea în marile religii neoccidentale 336
Viaţa de apoi în taoism 336
Nemurirea în hinduismul timpuriu 339
Există nemurire în doctrina budistă? 342
Unele concepţii africane despre Dumnezeu şi nemurire 347
Raiul în America precolumbiană 350
Viaţa de după moarte în tradiţia iudeo-creştino-islamică 353
Epoca mesianică şi lumea ce va să vină în iudaism 354
Învierea morţilor contra nemuririi sufletului în creştinism 362
Definiţia „reducţionismului" 366
Grădina Islamului 373

12. Teoria Punctului Omega şi creştinismul 380

Miracolele şi mecanismul Babbage 385
De ce nu sunt creştin 385
Punctul Omega nu este (probabil) o divinitate trinitară 391
Miracolul transsubstanţierii 395
Deismul american: un experiment al creştinismului raţional 400

13. Concluzie: teologia ca ramură a fizicii 409

Teologia şi religia sunt ramuri ale ştiinţei şi nu ale eticii 411
Teoria Punctului Omega şi religiile contemporane 414

Semnificația Teoriei Punctului Omega pentru omul obișnuit 417

Note **423**

Bibliografie selectivă **466**

Anexă dedicată oamenilor de știință **493**

A. Introducere *493*

B. Dimensiunile relative ale istoriei viitorului și istoriei trecutului *496*

C. Limita Bekenstein *508*

D. Legea Acțiunii Masei impune imposibilitatea discernabilității cuantice *514*

E. Demonstrații ale Teoremelor Eternei Reîntoarceri și ale Teoremei de Nerevenire *519*

F. Teoria generală a spațiu-timpurilor Punctului Omega *537*

G. Două posibile contraexemple pentru Teza Church-Turing *557*

H. Universul clasic de tip Punct Omega: detalii matematice *561*

I. Interpretarea Lumilor-Multiple din mecanica cuantică *602*

J. Pachetele cuantice de undă și progrese în biologia evoluționistă *609*

K. Haos în mecanica cuantică *613*

L. Modelul mini-superspațiu cuantic cu un Punct Omega *620*

M. Condiția la Limită a Punctului Omega impusă funcției de undă universale *626*

N. Vehicul spațial relativist *632*

Index **645**

matematică şi convenţii folosite în carte

Intenţia acestei cărţi este aceea de a fi una populară. Totuşi, în cuprinsul ei, voi încerca să rezolv cele mai importante probleme ale existenţei umane, folosind cele mai recente cunoştinţe de matematică şi fizică modernă. Dar cunoştinţele cele mai avansate de fizică şi matematică nu pot fi prezentate unui auditoriu popular, într-o manieră riguroasă. Deci, la prima vedere, această carte nu poate fi una populară.

Am încercat să o fac populară prin separarea formalismului matematic într-o *Anexă pentru oamenii de ştiinţă*, la sfârşitul cărţii. Materialul principal al cărţii nu va conţine *nici o formulă* (exceptând $E = mc^2$, cu care sper ca nimeni să nu aibă probleme), deci pentru această parte principală a cărţii nu sunt necesare în prealabil cunoştinţe profunde de matematică. Dar voi presupune că cititorul este familiarizat cu notaţia ştiinţifică a numerelor: în loc de trei milioane, sau 3.000.000, voi scrie simplificat

$$3\times10^6.$$

Cifra 6 se numeşte „exponent", iar 10^6 înseamnă „1 urmat de 6 zerouri". Mai general, 10^n înseamnă „1 urmat de n zerouri". Dacă sunteţi puţin depăşit de algebră,

amintiți-vă că simbolul „n" reprezintă orice număr. Astfel, 3×10^6 înseamnă „trei înmulțit cu 1 urmat de 6 zerouri" sau 3 milioane. În sfârșit, 3×10^{-6} înseamnă „trei înmulțit cu 1 *împărțit* la un milion". Uneori va fi necesar să folosim numere atât de mari încât ele trebuie exprimate sub formă de exponențiale duble, ca de exemplu 10^{10^6}. Aceasta înseamnă „1 urmat de 10^6 zerouri (un milion de zerouri!)". Cel mai mare număr pe care îl voi folosi este $10^{10^{123}}$, ceea ce înseamnă „1 urmat de 10^{123} zerouri".

În general voi folosi sistemul metric de unități. Unitățile de masă sunt *gramul*, care este aproximativ 1/30 dintr-o uncie, și *kilogramul*, care este aproximativ două livre[1]. Unitățile de lungime sunt *metrul*, care este aproximativ un yard[2], și *kilometrul*, care este circa o jumătate de milă[3].

Cosmologia va juca un rol central în această carte, așa că voi presupune că cititorul meu are ceva cunoștințe despre distanțele din astronomie. Unitatea de bază este *anul-lumină*, definit ca fiind distanța parcursă de lumină într-un an. Cum viteza luminii (în vid – *n.t.*) este 3×10^8 metri pe secundă, un an-lumină reprezintă $9{,}46\times10^{15}$ metri. Un an-lumină este ceva uriaș pentru standardele omenești: el reprezintă de 63.000 ori distanța de la Pământ la Soare. Dar distanțele astronomice cu adevărat mari nu se exprimă în ani-lumină, ci în parseci. Un *parsec* reprezintă 3,26 ani-lumină. Voi folosi termenii 1 kiloparsec = o mie parseci; 1 megaparsec = 1 milion

---

[1] 1 pound = livră engleză = 16 uncii = 16 × 28,350 g = 453 g (*n.t.*).

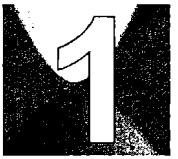
[2] 1 yard (yd) = 0,9143 m (*n.t.*).

[3] 1 milă marină engleză = 1855 m (*n.t.*).

parseci; 1 gigaparsec = 1 miliard parseci; 1 teraparsec = 1000 miliarde parseci. Centrul galaxiei noastre se află la 10 kiloparseci depărtare de noi. Cea mai apropiată galaxie, Marea Nebuloasă din Andromeda, este la circa 1 megaparsec depărtare. Marginea universului vizibil este la circa 3 gigaparseci depărtare, iar eu prezic că cealaltă parte a universului se află în mod curent între 1 şi 10 teraparseci depărtare.

În partea principală a cărţii voi descrie în linii mari ideile de bază din *Anexa pentru oamenii de ştiinţă*, astfel încât oricine este doritor de o gândire mai profundă, având o pregătire superioară, să fie capabil să înţeleagă partea principală a cărţii.

Voi folosi trei dintre multele traduceri diferite ale Bibliei: KJV (King James Version), RSV (Revised Standard Version) şi NEB (New English Bible).



introducere

Această carte reprezintă o descriere a Teoriei Punctului Omega, care este o teorie fizică testabilă pentru un Dumnezeu omniprezent, omniscient, omnipotent, care va învia într-o zi, în viitorul îndepărtat, fiecare părticică din noi, pentru a trăi veşnic într-un sălaş care în esenţă este Raiul iudeo-creştin. Fiecare cuvânt din teorie – de exemplu, „omniprezent", „omniscient", „omnipotent", „înviere spirituală a trupului", „Rai" – va fi introdus ca un concept fizic pur. În această carte nu voi face apel nicăieri la revelaţie. În locul acesteia, voi apela la rezultatele consistente ale ştiinţei fizicii moderne; voi apela doar la raţiunea cititorului. Voi descrie mecanismul fizic al învierii universului. Voi arăta exact modul în care fizica va permite învierea către o viaţă veşnică a fiecăruia dintre noi care a trăit, trăieşte sau va trăi. Voi arăta exact de ce această putere de înviere, pe care fizica modernă o permite, va exista în realitate, în viitorul îndepărtat şi de ce, de fapt, va fi folosită. Dacă vreun cititor a pierdut pe cineva iubit, sau îi este frică de moarte, fizica modernă afirmă: „Fii liniştit, tu şi ei veţi trăi din nou".

Teoria învierii ne impune să acceptăm faptul că o fiinţă umană este pur şi simplu un obiect fizic, o maşină biochimică descrisă complet şi exhaustiv de legile cunoscute ale fizicii: *Nu* există forţe „vitale" misterioase. Mai general,

ea ne impune să privim o „persoană" ca pe un tip (foarte complicat) particular de program de calculator: „sufletul" omenesc nu este altceva decât un program specific, fiind rulat de către un calculator numit creier. Voi arăta că, acceptând aceste lucruri, noi nu numai că vom învia, ci vom avea chiar şi un liber arbitru – noi suntem într-adevăr maşini, dar spre deosebire de acestea noi înşine am construit şi posedăm liber arbitru adevărat.

Că avem liber arbitru, că Dumnezeu există şi că El ne va învia într-o zi pe fiecare dintre noi către o viaţă veşnică nu-i ceea ce se aşteaptă ca fiind mesajul fizicii. În locul acestuia, a devenit ceva obişnuit să auzim că mesajul ştiinţei este următorul: noi suntem nişte păpuşi mecanice ale unor legi naturale oarbe, impersonale şi deterministe; nimic mai străin decât faptul că un Dumnezeu personal există; şi când murim, suntem morţi şi acesta-i sfârşitul a tot ce a fost. Această din urmă idee a fost într-adevăr mesajul ştiinţei pentru o foarte lungă perioadă de timp.

Acum, acest lucru s-a schimbat. Cauza schimbării constă în faptul că în sfârşit cosmologii şi-au pus întrebarea fundamentală: cum va evolua *exact* universul fizic în viitor? Care va fi *exact* starea finală a cosmosului? În particular, permit oare legile fizicii ca viaţa să continue până la această stare finală, sau este vorba numai despre o inevitabilă extincţie a vieţii?

Este evident că aceste chestiuni sunt întrebări ale fizicii şi că ştiinţa fizicii nu poate fi considerată completă până ce aceste întrebări nu îşi află răspunsul. Prin urmare, ştiinţa s-a ocupat cu ceea ce este universul acum şi ceea ce a fost acesta în trecut. Dar universul a existat doar 20 miliarde ani, pe când dacă legile fizicii aşa cum le înţelegem sunt corecte, atunci universul va continua să existe pentru încă cel puţin alte 100 miliarde ani şi aproape sigur şi mai mult. Cu alte cuvinte, *aproape tot spaţiul şi timpul aparţin viitorului.* Concentrându-şi atenţia doar asupra prezentului şi

trecutului, știința a ignorat aproape întreaga realitate. Cum domeniul cercetării științifice este realitatea ca întreg, știința a decis să studieze evoluția viitoare a universului.

Imediat apare o problemă. Ecuațiile fundamentale pe care fizicienii le folosesc în cosmologie, ecuațiile lui Einstein, sunt maximal haotice.[1] Aceasta înseamnă că, fără niște ipoteze suplimentare, devine imposibil de spus ceva despre starea universului, după un timp relativ scurt la scară cosmologică. Dar ce ipoteze în plus ar trebui făcute?

Ipoteza pe care o consider cea mai minunată, cea mai rodnică și care stă la baza acestei cărți a fost propusă de fizicienii J.B.S. Haldane, John Bernal, Paul Dirac și Freeman Dyson: să presupunem că universul este astfel încât viața să poată continua până la sfârșitul timpului, pur și simplu veșnic. Am subliniat deja în *Prefață* faptul că haosul însuși face plauzibilă această ipoteză. Așa cum vom vedea, această ipoteză elimină un număr uriaș de enigme din fizică – cum ar fi care condiție de frontieră se impune funcției de undă universale și chiar de ce există universul pretutindeni. De asemenea, ipoteza conduce inevitabil la concluziile teologice de mai sus. În sfârșit, fizica a invadat teritoriul teologiei.

Dar un moment de gândire ne arată că această din urmă dezvoltare era inevitabilă. Fie teologia este un nonsens pur, un subiect fără conținut, fie, altfel, teologia trebuie să devină în cele din urmă o ramură a fizicii.

Motivul este simplu. Universul este definit ca fiind totalitatea a tot ceea ce există, totalitatea realității. Astfel, prin definiție, dacă Dumnezeu există, atunci El/Ea este ori Universul însuși, ori o parte a acestuia. Scopul fizicii constă în înțelegerea naturii ultime a realității. Dacă Dumnezeu este real, atunci fizicienii îl vor afla eventual pe El/Ea. În această carte voi argumenta faptul că fizica poate să-l afle pe El/Ea: El/Ea este pretutindeni în realitate; noi nu l-am văzut pe El/Ea doar pentru că nu am privit universul la o scară suficient de mare – și nu am căutat Persoana din mașină.

Teoria Punctului Omega va impune căutarea lui Dumnezeu într-o manieră netradițională, dar care cred că este deja prezentă în teologia modernă. Paul Tillich[2], de exemplu, a subliniat faptul că este incorect să-l gândim pe Dumnezeu ca pe *o* ființă; Dumnezeu este mai degrabă ființa însăși. Dumnezeu este realitatea ultimă. Dar Tillich adaugă – o adăugire importantă – că această ultimă realitate este *personală.* Această constrângere crucială asupra realității ultime, că ea trebuie să fie personală, reprezintă trăsătura distinctă a teismului opus panteismului.[3] Personalizarea constrângerii face ca definiția lui Tillich să nu fie trivială. Este o greşeală teribilă să-l gândim pe Dumnezeu ca pe un ceva separat de lumea de fiecare zi, ca pe un Alt-Ceva. Aceasta este calea către gnosticism, către ideea dualistă conform căreia lumea fizică a fost creată de un Dumnezeu rău.[4] Dumnezeul creştin ortodox are mâinile Lui/Ei murdare. El/Ea este în lume, pretutindeni şi este cu noi, stând alături de noi, în orice clipă. Dragostea lui Dumnezeu Creştin pentru creaturile Lui/Ei impune o astfel de Prezență. Dar o astfel de Prezență înseamnă că Dumnezeu trebuie să fie cu putință de a fi descoperit de fizicieni. După cum spune Sf. Pavel: „însuşirile Lui nevăzute, puterea Lui veşnică şi dumnezeirea Lui se văd de la facerea lumii, când te uiți atent la lucrurile făcute de El" (Romani 1:20, NEB).

Din păcate, cu tot respectul pe care i-l port, modelul lui Tillich despre Dumnezeu premerge secolului al XIX-lea. În conformitate cu modelele cosmologice de atunci, Tillich a descris un mod de a fi al lui Dumnezeu static şi neschimbător. Cu toate acestea, cărturarii biblici au început să își dea seama către sfârşitul secolului al XIX-lea că o astfel de viziune despre Dumnezeu era total străină de Noul Testament. Imaginea lui Iisus despre Dumnezeu, aşa cum a demonstrat-o printre alții teologul misionar doctor Albert Schweitzer, îl avea în vedere ca pe stăpânul împărăției *viitoare* a lui Dumnezeu, adică, privitor la modul Lui de a fi, ca pe o esență a *viitorului.* Mesajul fundamental al creştinismului consta

în *eshatologia* sa, care este studiul viitorului ultim. Câțiva dintre teologii majori ai secolului al XX-lea au înțeles acest lucru, cum și cel mai important teolog, germanul Wolfhart Pannenberg: „Iisus a proclamat stăpânirea lui Dumnezeu ca pe o realitate aparținând viitorului. Aceasta este Împărăția viitoare... Într-un sens restrâns, dar important, Dumnezeu nu există încă. Cum stăpânirea și ființa lui sunt inseparabile, ființa lui Dumnezeu este încă într-un proces de devenire".[5] Vom vedea în capitolele ulterioare ale acestei cărți modul în care fizica dă precizie modelului lui Tillich – modificat de Pannenberg – despre Dumnezeu.

Unii cărturari au dovedit că această viziune despre Dumnezeu, că El/Ea este considerat(ă) în primul rând o ființă a viitorului, era deja prezentă în iudaismul antic foarte timpuriu. Atunci când Dumnezeu îi vorbea lui Moise din arbustul în flăcări, Moise L-a întrebat despre Numele Lui. Conform traducerii Bibliei după King James, Dumnezeu i-a răspuns „EU SUNT CEL CE SUNT... spune copiilor lui Israel că cel ce se numește EU SUNT m-a trimis la voi" (Exodul 3:14). Totuși, răspunsul lui Dumnezeu din originalul ebraic era *„Ehyeh Asher Ehyeh"*. În ebraică, cuvântul *Ehyeh* este viitorul cuvântului *haya,* care înseamnă „a fi". Asta înseamnă că răspunsul lui Dumnezeu către Moise ar trebui tradus prin „EU VOI FI CEL CE VOI FI... Spune copiilor lui Israel că cel ce se numește EU VOI FI m-a trimis la voi". (Cele mai savante traduceri în engleză[6] ale Bibliei subliniază această traducere corectă din originalul ebraic în notele lor de subsol, la Exodul 3:14). Filosoful evreu din Germania, Ernst Bloch[7] și teologul catolic german Hans Küng[8] au scos în evidență timpul viitor din traducere și accentuează faptul că Dumnezeul lui Moise ar trebui privit ca un „Dumnezeu – Omega și Final". Dumnezeul Punct Omega descris în această carte este în mod clar un Dumnezeu care există în principal la sfârșitul timpului.

Cu toate acestea, mulți teologi sunt refractari în a admite că fizica poate avea ceva de spus despre această

Realitate Personală Ultimă. Ei tind să gândească acea fizică având drept obiect de studiu realitatea *finită,* în timp ce realitatea ultimă este în materia fundamental infinită. De fapt, însuşi Tillich este un exemplu de astfel de teolog: „Principalul argument împotriva naturalismului sub orice formă este acela că el repudiază distanţa infinită dintre întregul lucrurilor finite şi temeiul lor infinit...".[9] Cu toate acestea, fizicienii matematicieni (în primul rând Penrose şi Hawking) au dezvoltat în ultimii treizeci de ani instrumentele intelectuale de analiză a unei infinităţi reale. Fizica nu se mai limitează la finitudine; progresele tehnice din chiar interiorul ei i-au forţat pe fizicieni să se ocupe de fizica infinitului. Aşa cum vom vedea, multe proprietăţi ale universului – de pildă, veşnicia – sunt infiniţi reali.

Majoritatea oamenilor de ştiinţă contemporani sunt de acord cu părerile teologilor mai sus menţionaţi, că ştiinţa şi religia nu pot avea nimic de a face una cu alta. De pildă, Consiliul Academiei Naţionale de Ştiinţe a Statelor Unite a decretat printr-o rezoluţie datată 25 august 1981 că: „Religia şi ştiinţa sunt pentru gândirea umană teritorii separate şi reciproc exclusive a căror prezentare în acelaşi context conduce la neînţelegeri atât a teoriei ştiinţifice, cât şi a credinţei religioase."[10] Ceea ce înţeleg cu adevărat oamenii de ştiinţă care fac asemenea afirmaţii este că religia nu-i decât un nonsens emoţional, neexprimând decât frica noastră de moarte şi viziunea primitivă conform căreia lumea naturală este animată. Astfel de oameni de ştiinţă privesc orice încercare de a integra ştiinţa şi religia ca pe o întoarcere reacţionară la un model preştiinţific despre realitate.

Uneori, însă, progresul ştiinţei însăşi ne impune să reconsiderăm şi să acceptăm în final o teorie fizică pe care generaţiile de dinainte au considerat-o respinsă pentru totdeauna. Cel mai cunoscut exemplu este cel al Teoriei heliocentrice a sistemului solar, propusă prima dată în antichitate de către astronomul grec Aristarh din Samos[11],

dar respinsă ulterior în era creştină, în favoarea modelului geocentric al lui Ptolemeu. Mai precis, cu patru sute şi cincizeci de ani în urmă, în 1543, Nicolaus Copernic a readus în centrul atenţiei modelul heliocentric al sistemului solar, considerat o întoarcere reacţionară, dar modelul era într-o formă matematizată capabilă să explice mult mai multe lucruri din realitate decât teoria lui Ptolemeu. Mulţi dintre contemporanii[12] lui Copernic erau perfect conştienţi de faptul că teoria lui Copernic era o reîntoarcere la un model respins de multă vreme. De exemplu, Martin Luther l-a numit pe Copernic un „... nebun [care] doreşte să *răstoarne* [s.m.] întreaga ştiinţă a astronomiei...".[13] Galileo, unul dintre cei mai puternici partizani ai lui Copernic – Galileo a fost de multe ori pedepsit de către Inchiziţie pentru acest sprijin al său[14] – ştia, de asemenea, că teoria lui Copernic fusese respinsă cu mult timp în urmă. În clasicul său studiu despre relaţia dintre religie şi ştiinţă, *Scrisoare către marea ducesă Christina,* Galileo l-a numit în mod corect pe Copernic ca „restauratorul şi confirmatorul"[15] teoriei, comentând pe larg[16] sprijinul de care s-a bucurat teoria heliocentrică în antichitate. Medicina furnizează un alt exemplu din ştiinţă care a trebuit să reconsidere o teorie respinsă în prealabil, în aparenţă, pentru totdeauna. Sub influenţa unei noi (dar greşite) teorii despre inflamaţie, chirurgia din prima jumătate a secolului al XIX-lea a regresat enorm: mortalitatea post-operatorie a devenit mult mai mare decât în secolele precedente, deoarece noua teorie a respins antisepticele practicate orbeşte de chirurgii predecesori care foloseau cauterizările cu flacără, lichide fierbinţi sau alţi dezinfectanţi. Dar Pasteur, Lister şi alţii au readus vechea teorie într-o formulare mult mai puternică, bazată pe rezultatele ştiinţei fizicii.[17]

Deci, refuzul de a reconsidera o teorie respinsă cândva, în lumina noilor informaţii, nu este ştiinţă. Tot aşa, încercarea modernă de a păstra religia strict separată de

ştiinţă nu este teologie. Ideea că religia şi ştiinţa trebuie să fie integrate a fost acceptată în toate ţările creştine, de toţi marii teologi – de pildă, Sf. Pavel, Origen, Augustin şi d'Aquino – încă înainte de secolul al XX-lea: *ubique, semper, ab omnibus* (crezut pretutindeni */ubique/,* întotdeauna */semper/* şi de oricine */ab omnibus/*) reprezintă autoritatea ultimă în teologia creştină la fel cum experimentul reprezintă autoritatea ultimă în ştiinţă. De fapt, relaţia *ubique, semper, ab omnibus* este versiunea teologală a „experimentului". În ştiinţă, singurul experiment care se poate valida este cel care poate fi reprodus de către oricine (*ab omnibus*), oriunde pe Pământ (*ubique*), oricând în istoria Pământului (*semper*). Motivul importanţei experimentului în ştiinţă este acela de a lăsa Naturii autoritatea ultimă a ştiinţei şi nu părerea sau opinia omenească. Natura nu greşeşte niciodată, în timp ce oamenii de ştiinţă greşesc adeseori. În mod similar, intenţia afirmaţiei *ubique, semper, ab omnibus* este aceea de a-i lăsa lui Dumnezeu autoritatea ultimă în teologie şi nu părerea sau opinia omenească. Numai o credinţă cu adevărat universală despre Dumnezeu poate fi o credinţă adevărată despre Dumnezeu.

Evident, motivul real pentru care teologii moderni doresc să păstreze divorţul dintre ştiinţă şi religie este acela de a îşi reţine un teritoriu intelectual protejat veşnic în faţa progresului ştiinţei. Acest lucru se poate întâmpla doar dacă posibilitatea investigaţiei ştiinţifice a materiei este exclusă a priori. Pe vremea revoluţiilor lui Copernic şi Darwin, teologii au fost crunt pedepsiţi. O astfel de strategie subestimează serios puterea ştiinţei. În prefaţa la ediţia a doua şi în introducerea la *Critica Raţiunii Pure,* filosoful german Immanuel Kant[18] a declarat ştiinţa ca fiind incapabilă de a rezolva cele trei probleme fundamentale ale metafizicii: Dumnezeu, libertatea şi nemurirea; deci, Kant a susţinut că fizica nu va putea niciodată determina dacă Dumnezeu există, dacă noi avem liber arbitru sau dacă Dumnezeu ne va garanta viaţa veşnică.

Eu nu sunt de acord. Prin transformarea acestor „probleme de metafizică" în probleme de fizică, voi argumenta în cuprinsul acestei cărți că aceste chestiuni pot fi rezolvate și că răspunsurile la cele trei probleme sunt: *probabil* că El există, *probabil* că noi avem liber arbitru și *probabil* că El ne oferă viața veșnică, după ce murim. Spun „probabil" deoarece știința nu este în măsură să ofere un răspuns cu valoare de adevăr cu o certitudine absolută, valabil oricând. Știința poate furniza numai răspunsuri „probabil adevărate", ca dovadă soarta ipotezei geocentrice a lui Ptolemeu, discutată mai sus. Dar eu sunt ferm convins că este mai bine să avem răspunsuri „probabile" ale științei decât „certitudini absolute" – adică greșite – ale metafizicii. Așa cum scrie filosoful David Hume la sfârșitul cărții sale *O cercetare cu privire la înțelegerea umană*[*]:

> Dacă luăm în mână orice carte despre divinitate sau metafizică, de pildă, să ne întrebăm: *Conține aceasta vreun argument abstract despre cantitate sau număr?* Nu. *Conține acesta vreun argument experimental despre materia realității și a existenței?* Nu. Atunci, poate că produce o înflăcărare în noi; pentru aceasta, ea nu trebuie să conțină decât sofism și iluzie.[19]

Răspunzând prin „da" la problema nemuririi, știința invadează în cele din urmă proprietatea centrală a teologiei. În propria sa încercare de a stabili parțiala independență a științei de teologie, Galileo și-a susținut[20] o opinie conform căreia „... el a auzit de la un ecleziast de cel mai eminent grad (Cesare Cardinal Baronio): «Intenția [Bibliei] este aceea de a ne învăța cum să ajungem la Ceruri, nu cum să ajungă Cerurile»". Acum, știința ne spune cum să mergem către ceruri. Galileo a avut serioase necazuri după ce a

---

[*] *An Enquiry Concerning Human Understanding* – lb. engleză, în original (*n.t.*).

îndrăznit să încalce ograda filosofilor şi teologilor.[21] Totuşi, aşa cum am acceptat tacit prin descrierea mea de dinainte a domeniului fizicii – plenitudinea realităţii – este inevitabilă invazia altor discipline de către fizicieni şi, într-adevăr, progresul ştiinţei poate fi măsurat[22] prin mărimea teritoriului cucerit de către fizică altor discipline. Louis Pasteur a împins ştiinţa şi prosperitatea umană prin introducerea metodelor experimentale de chimie-fizică în medicină, împotriva unei înverşunate opoziţii a corpului medical: „majoritatea medicilor şi chirurgilor au considerat că era o pierdere de vreme să-l asculţi pe un simplu chimist[23]... care îşi vâra picioarele în ograda altora".[24] Ca şi medicina, religia este prea importantă pentru a fi părăsită de către profesioniştii ei tradiţionali, într-adevăr, atât medicina cât şi religia sunt vitale pentru omenire, în sensul literal al cuvântului „vital". Filosoful şi romancierul spaniol Miguel de Unamuno a dedicat o carte întreagă, *Sensul tragic al existenţei*[**], unui pasionant argument pentru afirmaţia conform căreia suportul emoţional al întregii religii este foamea de nemurire. „Vorbindu-i într-o zi unui ţăran, i-am propus acestuia ipoteza că ar putea exista un Dumnezeu care guvernează cerul şi pământul, [dar care nu garantează nemurirea]. El mi-a răspuns: «Atunci, la ce bun Dumnezeu?»".[25] Cuvântul „tragedie" din titlul lui Unamuno provine din divorţul dintre natura umană, care doreşte cu disperare nemurirea, şi raţiunea umană, care a pretins până acum că aşa ceva nu există. Dacă Teoria Punctului Omega este corectă, atunci acest divorţ dintre emoţie şi raţiune este pe sfârşite, trăindu-şi ultimele clipe.

Într-un fel sau altul, acest divorţ se va sfârşi curând. Aşa cum spunea Aristotel cu peste două mii de ani în urmă, fiinţa umană este în esenţă un animal care gândeşte, o creatură a cărei trăsătură distinctă şi al cărei mecanism suprem de supravieţuire este tocmai abilitatea sa de a considera

[**] *Tragic Sense of Life* – lb. engleză, în original (*n.t.*).

lumea în mod rațional. În fine, rațiunea va domina emoția. Dacă știința continuă să nu găsească nicio evidență a existenței lui Dumnezeu și a vieții de dincolo, atunci vor deveni atei, mai întâi oamenii de știință, iar apoi laicii tuturor bisericilor.[26] Oamenii vor găsi o filosofie care le va permite să le înfățișeze inevitabilitatea propriului lor sfârșit și moartea permanentă, moartea copiilor lor, a civilizației lor, moartea oricărei forme de viață din cosmos și a celor de care au grijă.

Acest avans al ateismului poate fi documentat prin istoria biologiei secolului al XX-lea. William B. Provine[27], istoric al biologiei de la Universitatea Cornell a subliniat faptul că în anii 1920 mulți evoluționiști, probabil cei mai mulți, erau religioși. La vremea aceea, teoria evoluției a lui Darwin era eclipsată, fiind înlocuită temporar prin ipoteza unei forțe conducătoare care desfășura viața către ceva mai complex. Decanul evoluționiștilor americani, Henry Osborn, directorul Muzeului American de Istorie Naturală, a numit această forță „aristogeneză"; filosoful francez Henri Bergson a numit-o *elan vital*; evoluționistul Pierre Teilhard de Chardin a numit-o „energie radială". Cuvintele erau diferite, dar mecanismul evoluției era același: exista o forță cosmică nefizică ce ghidează evoluția. Existența unei astfel de forțe constituie consensul de credință[28] al evoluționiștilor din anii 1920 și nu a lipsit mult ca această foiță să fie identificată cu Dumnezeu.

Consensul de opinie s-a răsfrânt în favoarea darwinismului în anii 1930 și 1940, odată cu dezvoltarea Sintezei Moderne, care invoca alte mecanisme – selecție naturală, derivație genetică întâmplătoare, mutație, migrație și izolare geografică – pentru a explica evoluția. Organismele sunt create prin mecanisme deterministe oarbe combinate cu altele care sunt în esență statistice. (Aici, pot adăuga un alt exemplu de reîntoarcere a științei la o teorie respinsă anterior. O reîntoarcere pentru care sunt bucuros, deoarece

Teoria Punctului Omega presupune adevărul Sintezei Moderne; într-adevăr, adevărul ei este esențial pentru modelul liberului arbitru dezvoltat în capitolul 5). Dar la sfârșitul anilor 1940, orice rămășiță de Dumnezeu a fost eliminată din biologia evoluționistă.

Provine remarcă: „Observația mea este că marea majoritate a biologilor evoluționiști moderni sunt atei sau ceva asemănător. Cu toate că oameni de știință proeminenți agnostici sau atei neagă public faptul că există vreun conflict între știință și religie. Această poziție este mai degrabă una pragmatică decât o simplă necinste intelectuală. În S.U.A. membrii aleși din Congres proclamă cu toții că sunt religioși; mulți savanți cred că fondurile pentru știință puteau să fie altele dacă implicațiile ateiste ale științei moderne erau larg înțelese".[29] Opinia lui Provine este confirmată de declarația în Congres a lui Steven Weinberg din 1987[30], solicitând fonduri pentru a construi un dispozitiv SSC de 10 miliarde dolari în Texas. (Fondurile au fost tăiate de atunci.) Un congresman l-a întrebat pe Weinberg dacă acest dispozitiv ar fi capabil să-l găsească pe Dumnezeu, iar Weinberg a refuzat să răspundă. Dacă teologii vor continua în încercarea lor de a separa strict știința de religie, atunci ei vor ucide religia. Teologia, dacă vrea să supraviețuiască, trebuie să devină pur și simplu o ramură a fizicii. Filosoful american Thomas Sheehan[31] a demonstrat că până și teologii devin încet-încet efectiv atei.

Așa cum am stabilit mai sus, universul va mai exista încă miliarde de ani. De fapt, evidența faptului că universul va continua să existe încă peste 5 miliarde de ani este tot la fel de tare ca și evidența faptului că Pământul a existat deja timp de 5 miliarde de ani. Pur și simplu nu se poate ca extrapolările noastre să fie atât de greșite încât să falsifice predicția longevității. În plus, dacă modelele cosmologice standard sunt aproximativ exacte, atunci universul închis va continua să existe cel puțin alte 100 miliarde de ani (în timp

propriu), iar conform modelului de univers deschis sau plan, va exista un timp infinit (propriu). În fiecare dintre cazuri, noi observăm deci universul într-un stadiu extrem de timpuriu al istoriei sale. Cea mai mare parte a universului fizic ține de viitor şi deci noi nu putem înțelege cu adevărat întregul univers fizic fără înțelegerea acestui viitor. Dar noi putem studia această realitate viitoare, în particular viitorul ultim care constituie sfârşitul timpului, doar dacă într-un fel sau altul această stare finală a universului fizic lasă o urmă asupra prezentului.

Voi obține un înțeles al acestei realități viitoare prin a îmi concentra atenția asupra fizicii relevante pentru existența şi comportarea vieții în viitorul îndepărtat. Voi propune apoi un fundament fizic pentru eshatologie – studiul viitorului ultim – presupunând că universul trebuie să fie capabil de a susține viața indefinit; adică, pentru un timp infinit, aşa cum viața existentă a şi experimentat-o în universul fizic. Toți savanții fizicieni ar trebui să ia în serios această ipoteză, deoarece noi trebuie să avem *ceva* teorie pentru viitorul universului fizic – deoarece acesta există indiscutabil – şi reprezintă postulatul fizic cel mai minunat: că moartea totală nu este inevitabilă. *Toate* celelalte teorii despre viitor postulează stingerea în cele din urmă a fiecărui lucru de care putem avea grijă. Odată am vizitat un lagăr nazist; acolo mi s-a întărit convingerea că nu există nimic mai urât decât exterminarea. Noi, fizicienii, ştim că un postulat frumos este mult mai probabil să fie corect decât unul urât. De ce să nu adoptăm acest Postulat al Vieții Veşnice cel puțin ca ipoteză de lucru? Voi arăta în capitolul 2 că universul este capabil de fapt să întrețină viața cel puțin un milion de trilioane de ani. Mai precis, voi demonstra că din punct de vedere tehnic este posibil ca viața să se extindă dincolo de Pământ şi să înghită întregul univers, precum şi faptul că viața *trebuie* să facă acest lucru pentru a supraviețui.

Laureatul premiului Nobel, Paul Dirac, a fost primul fizician care a pledat pentru Postulatul Vieții Veşnice: „Cu

presupunerea mea ... viața nu are nevoie să se sfârșească niciodată. Nu există vreun argument decisiv pentru a decide între [anumite] presupuneri. Eu îl prefer pe cel care dă posibilitatea vieții fără sfârșit. Se poate spera că într-o zi această problemă va fi hotărâtă de o observație directă".[32] Postulatul Vieții Veșnice impune chiar exigențe mai stringente asupra viitorului. De asemenea, acesta face unele predicții despre prezent, deoarece fizica impusă de a susține viața într-un viitor îndepărtat trebuie să funcționeze și în prezent, așa cum majoritatea legilor fundamentale ale fizicii nu se modifică în timp. Voi descrie teste experimentale ale acestui postulat în capitolul 4. În linii mari, capitolul 2 se va ocupa cu evoluția vieții între prezent și momentul când universul își va atinge dimensiunea sa maximă; capitolul 3 va prezenta o istorie a diferitelor teorii despre viitorul ultim al universului, prin aceasta adâncind înțelesul cititorului despre viața veșnică a biosferei ca întreg, iar cu acest înțeles capitolul 4 va schița istoria viitoare a vieții din momentul maximei sale dilatări până la sfârșitul timpului, viitorul ultim și infinit.

Dar consecința cu adevărat fascinantă a ipotezei vieții veșnice constă în ceea ce aceasta implică în cazul în care viața își exercită într-adevăr opțiunea sa de a exista pentru totdeauna: în acest viitor trebuie să existe o Persoană (dar în două sensuri matematic precise, în prezent și în viitor) care este omnipotentă, omniscientă, omniprezentă, care este simultan transcendentă și imanentă în universul fizic al spațiului, timpului și materiei. Din perspectiva aspectului temporal al imanenței Persoanei, aceasta este schimbătoare (veșnic sporind în putere și cunoaștere), iar din perspectiva aspectului veșnic al transcendenței Persoanei, aceasta este veșnic completă și neschimbătoare. Despre cum sunt cu putință acestea din punctul de vedere al fizicii, în capitolele 2 – 4. Fizica indică faptul că Persoana are în viitorul ultim o structură „punctiformă", așa că eu o voi numi ca fiind *Punctul Omega*. Din punct de vedere matematic,

Punctul Omega reprezintă *completarea* întregii existențe finite. Se va arăta că întreaga existență finită este inclusă în această completare, dar aceasta este mai mult decât întreaga existență finită.

Mai rămâne o problemă fundamentală: este oare acest Dumnezeu Punct Omega (presupunând că Persoana există în realitate) *chiar* Dumnezeul? Impresia generală este că Dumnezeul trebuie să fie Creatorul necreat al universului fizic, o Ființă care nu doar există, ci există cu necesitate, în sensul logic al cuvântului „necesitate"; adică, nonexistența Persoanei ar fi o contradicție logică. Doar dacă Dumnezeu nu este contingent în vreun sens se poate evita regresul conținut în întrebarea cine l-a creat pe Dumnezeu? Voi aborda problema existenței necesare în capitolul 8. Voi analiza noțiunea de contingență în relativitatea clasică generalizată și în următorul capitol voi extinde această analiză la cosmologia cuantică. În ambele capitole, voi discuta sensul în care se poate spune că modelele cosmologice moderne sunt admise ele însele de existența fizică. În sfârșit, în capitolul 8 voi utiliza ideile dezvoltate în cele trei capitole precedente pentru a argumenta faptul că universul există cu necesitate – și este admis cu necesitate de existență – dacă și numai dacă viața și Punctul Omega există acolo. Dacă se acceptă acest argument, atunci Punctul Omega există cu necesitate și în plus realitatea ultimă este Personală. Punctul Omega este în esență Dumnezeul lui Tillich-Pannenberg: Ființa însăși, dar modul Ființei este viitorul. Acesta stabilește că Punctul Omega este *chiar* Dumnezeu, deoarece nu poate fi mai multă ființă decât toată Ființa, iar această Ființă are toate însușirile divine tradiționale.

În capitolul 7 voi arăta că această existență necesară – poate părea totuși contradictoriu –, existența necesară a evenimentelor care o conțin și omnisciența lui Dumnezeu pot fi totuși compatibile cu liberul arbitru omenesc. În esență, voi demonstra aceasta arătând că definiția filosofului

american William James a nedeterminismului şi a liberului arbitru poate fi realizată în cadrul cosmologiei cuantice. Acest nedeterminist fizic poate să apară doar în contextul gravitaţiei cuantice şi deci este complet diferit de „nedeterminismul" asociat principiului de nedeterminare [al lui Heisenberg – *n.t.*]. (Mecanica cuantică nerelativistă este de fapt deterministă). Noul tip de nedeterminism fizic a fost descoperit mai întâi la începutul anilor 1980 şi este în esenţă o consecinţă a Teoremei de Incompletitudine a lui Gödel. Voi încheia capitolul 7 prin a arăta că, definind cu atenţie în limbajul fizicii fiecare dintre cele trei cuvinte din propoziţia „Decizia liberă a lui Dumnezeu", se poate demonstra faptul că, în Teoria Punctului Omega, universul (= tot ceea ce există) este contingent, într-un sens special, că el depinde de (este generat prin) decizia liberă a lui Dumnezeu, în ciuda existenţei cu necesitate. Contradicţia aparentă dintre contingenţă şi necesitate se evită prin evitarea distincţiei tradiţional înguste dintre Dumnezeu şi restul realităţii. Această distincţie îngustă nu poate fi ilustrată în cadrul Teoriei Punctului Omega şi, aşa cum am argumentat mai sus, această distincţie îngustă conduce în mod inevitabil la erezia gnostică. Sau, mai degrabă, aceasta chiar *este* erezia gnostică: ideea unui Dumnezeu total separat de lumea noastră pământeană. De asemenea, aceasta conduce indirect la Problema Răului şi, în capitolul 10, voi arăta modul în care această problemă este rezolvată în mod natural în cadrul Teoriei Punctului Omega.

Wolfhart Pannenberg a sugerat[33] faptul că poate exista în prealabil un câmp fizic universal nedescoperit (analog „energiei radiale" a lui Teilhard) care poate fi privit ca o sursă a întregii vieţi şi care poate fi identificat cu Sfântul Duh. Nu există câmpuri de „energie" nedescoperite cu relevanţă pentru biologie; conservarea energiei şi mărimea nivelelor energetice din biologie exclud aceasta. Cu toate acestea, în capitolul 6 voi argumenta faptul că funcţia de

undă *universală* (cu condiția ca aceasta să satisfacă o condiție la limită „Punct Omega") este un câmp universal având trăsăturile esențiale ale noului câmp de „energie" propus de Pannenberg. Condiția la Limită a Punctului Omega (care face explicit ca funcția de undă să fie Personală) și înțelesul lui Tillich asupra relației dintre Dumnezeu și Ființă sugerează identificarea funcției de undă personalizate cu Sfântul Duh. Dacă se operează această identificare, devine rezonabil a spune că Dumnezeu este în lume, pretutindeni și este cu noi, stând alături de noi, tot timpul. Am subliniat mai sus faptul că o astfel de Prezență este o proprietate supremă a Dumnezeului creștin. (Cu toate acestea, acest lucru nu înseamnă faptul că Dumnezeu intervine în istoria omului pe o cale supranaturală.)

Accentul din capitolele 2 – 8 va cădea pe fizica – sarea și piperul – supraviețuirii infinit continue. Dar Dumnezeul creștin este o chestiune mai mare decât Dumnezeul filosofilor-fizicieni. Primul este un Dumnezeu al iubirii și al milei, un Dumnezeu care admite viața veșnică a fiecărei ființe umane. Teologul elvețian Karl Barth a subliniat faptul că „fără niciun fel de îndoială, cuvintele «învierea morților» sunt pentru [Sfântul Pavel] nimic altceva decât o parafrază a cuvântului «Dumnezeu»".[34] În capitolele 9 și 10 voi arăta că Punctul Omega are puterea fizică de a-i învia pe toți oamenii care au trăit vreodată și de a le oferi viața veșnică. Pe scurt, mecanismul fizic al învierii individuale este emularea fiecărei persoane demult decedate – și lumile lor – în calculatoarele viitorului îndepărtat. În capitolul 9 voi arăta că noi și emulațiile noastre computerizate *sunt* aceleași persoane. În capitolul 10 voi da un argument plauzibil bazat pe mecanismul supraviețuirii oricărei forme de viață în viitorul îndepărtat – un argument bazat pe (1) teoria jocurilor aplicată evoluției biologice și (2) microeconomie – pentru credința că Punctul Omega ne va învia de fapt și ne va oferi viața veșnică. Remarcabil, argumentul cade la proba că ni se oferă

viață veșnică, deoarece Punctul Omega probabil că ne iubește! Astfel, în Teoria Punctului Omega, cauza ultimă a vieții veșnice pentru oameni este exact aceeași cu cea din tradiția iudeo-creștină-islamică: iubirea lui Dumnezeu, care se numește *agape* (αγαπη) în Noul Testament grecesc. Fiecare dintre noi va trăi din nou, într-un nou Cer și un nou Pământ.

Conform atât fizicii moderne, cât și filosofiei naturale semitice din Antichitate, ființa umană nu este evident nemuritoare: ea moare odată cu trupul. Așa cum scrie Wolfhart Pannenberg, discutând acordul general cu privire la semnificația speranței creștine în înviere:

> Contrastul față de modul grecesc de gândire (care era capabil doar să își imagineze viața de dincolo de moarte ca pe o continuare a vieții sufletului, separat de trup) este exprimat de accentul particular al formulării crezului [apostolilor] atunci când se vorbește despre învierea *trupului*.[35]

De aceea, atât Teoria Punctului Omega, cât și creștinismul afirmă faptul că vom muri și ne vom naște din nou, cu excepția actului conștient de viitor al lui Dumnezeu, actul Punctului Omega de „bunătate personală și clemență absolut gratuită față de om", pentru a cita definiția „grației" dată de renumitul teolog catolic german Karl Rahner[36]. În capitolul 11 voi discuta viziunea vieții de după moarte în taoismul timpuriu, hinduism, iudaism, creștinism și islamism. În toate acestea, viața de dincolo este înfățișată ca o înviere a unui soi de trup și, general vorbind, toate sunt compatibile cu modelul învierii din Teoria Punctului Omega.

În capitolele 9 și 10 voi analiza natura fizică a învierii trupului și tipul de viață dobândit prin învierea individuală. Voi arăta că expresia Sfântului Pavel „trup spiritual" descrie potrivit învierea trupului: aceasta este simultan materială și imaterială. Lucrurile stau astfel, deoarece – în limbajul științei calculatoarelor – învierea trupului reprezintă trupul

nostru curent, la un înalt grad de implementare (semnificația exactă a lucrurilor va fi discutată în capitolele 2 şi 10). De fapt, învierea trupului are multe trăsături cheie comune cu trupul lui Iisus de după Paşti, descris în evanghelia lui Luca. Viața morților înviați va fi de o calitate net superioară față de cea trăită realmente de către oricine în prezent sau în trecut; iubirea lui Dumnezeu față de noi ne asigură acest lucru. Cu toate acestea, natura exactă a acestei vieți depinde de faptul dacă Punctul Omega alege să suspende finitudinea noastră înnăscută. Dacă da, atunci viața înviată poate fi o viață a devenirii individuale continue, o explorare într-o realitate inepuizabilă, care este Punctul Omega. În fiecare dintre cazuri, eu arăt că tărâmurile care pot fi descrise exact, cum ar fi „Raiul" şi „Purgatoriul", vor exista în viitorul îndepărtat. „Infernul" poate exista sau nu, aceasta depinzând de faptul dacă finitudinea umană este suspendată şi dacă un anumit joc dual finit cu informație perfectă învinge o strategie pură pentru un anume jucător.

Hărțile pot fi furnizate pentru tărâmuri care există cu adevărat. Fiecare bibliotecă are hărțile pentru Florida, China, Italia. Oamenii din Evul Mediu credeau cu adevărat că Raiul, Iadul şi Purgatoriul erau la fel de reale ca Italia şi China. De fapt, *Divina Comedie* era în intenția serioasă a lui Dante o hartă de drumuri pentru Rai, Iad şi Purgatoriu, cum a şi fost privită de către contemporanii lui Dante. Dacă Teoria Punctului Omega este adevărată, atunci Raiul, Purgatoriul şi posibilul Iad vor exista în realitate, în viitorul îndepărtat, iar o hartă aproximativă a spațiu-timpului acestor tărâmuri poate fi făcută. Ceea ce va fi demonstrat în capitolul 10.

În Teoria Punctului Omega se poate dezvolta o Christologie, dar aceasta nu apare cu adevărat şi în mod natural în model, şi oricum Christologia depinde de unele posibilități improbabile din cosmologia cuantică. În capitolul 12 voi discuta problema dacă religia cea mai comentată în Occident,

creştinismul, poate fi încorporată în Teoria Punctului Omega. Răspunsul scurt este: deloc uşor. Dar, aşa cum am discutat mai sus, aspectele creştinismului pe care majoritatea oamenilor le caută într-o religie – o Fiinţă Personală care îi va învia într-o zi pe ei şi pe cei pe care i-au iubit – sunt trăsături fundamentale ale Teoriei Punctului Omega. De fapt, în capitolul 11 voi demonstra că Teoria Punctului Omega este compatibilă doar cu acele trăsături ale religiei care sunt de găsit în toate marile religii ale lumii. Nicio religie nu poate fi aleasă ca fiind cea mai potrivită cu Teoria Punctului Omega.

În schimb, Teoria Punctului Omega poate constitui o bază solidă pentru toate marile religii. Miezul tuturor religiilor constă într-o credinţă într-un Dumnezeu Personal Suprem, şi credinţa că El/Ea va furniza cumva nemurirea individuală pentru noi toţi. În mod similar, capitolele principale ale acestei cărţi sunt capitolul 4 – în care sunt descrise principiile fizice ale Punctului Omega – şi capitolul 9 – în care este evidenţiat mecanismul învierii individuale către viaţa veşnică.

Daţi-mi încă o dată voie să accentuez faptul că Teoria Punctului Omega, incluzând teoria reînvierii, este fizică pură. Nu există nimic supranatural în ea şi deci nu există niciunde chemare la credinţă. Genealogia Teoriei este în realitate una materialist ştiinţifică atee: direcţia de cercetare care a condus către Teoria Punctului Omega a început cu marxistul John Bernal, aşa cum voi discuta în capitolul 3. Mecanismul învierii a fost descoperit independent, aproximativ în acelaşi timp de mine[37], specialistul în calculatoare Hans Moravec[38] şi filosoful Robert Nozick[39]. Simultaneitatea descoperirii sugerează cu tărie că „viaţa veşnică în termenii fizicii" este o idee căreia i-a sosit momentul.

Conceptele cheie ale tradiţiei iudeo-creştine-islamice sunt acum concepte ştiinţifice. Din punctul de vedere al fizicii, teologia nu este altceva decât cosmologie fizică bazată pe ipoteza că viaţa ca întreg este nepieritoare.

limitele ultime ale călătoriei în spațiu

Călătoria în spațiu a omului și a unei mașini inteligente

Dacă specia umană, sau orice parte a biosferei, va continua să supraviețuiască, atunci planeta Pământ trebuie părăsită și spațiul cosmic trebuie colonizat. Pentru simplul motiv că **planeta Pământ este pierdută**. Soarele devine tot mai luminos cu fiecare zi ce trece și în circa 7 miliarde de ani atmosfera sa exterioară se va extinde și va înghiți Pământul. Datorită frecării cu atmosfera, planeta Pământ se va roti în spirală către Soare și se va evapora. Însăși viața este în pericol să fie pierdută. Dar nu numai distrugerea fizică a Pământului este singurul pericol al biosferei. Pe măsură ce crește luminozitatea Soarelui, suprafața Terrei se încălzește, devenind prea fierbinte pentru întreținerea vieții și, în plus, rocile de silicați se macină mai ușor, producând o scădere a bioxidului de carbon atmosferic sub limita critică pentru realizarea fotosintezei. Unul dintre cele două efecte va șterge efectiv întreaga biosferă între 900 milioane și 1,5 miliarde de ani de aici înainte.[1] Pentru om, aceste numere sunt considerate într-adevăr enorme, dar în această

carte noi ne ocupăm cu ceea ce se va întâmpla în final, deci trebuie să ne întrebăm ce trebuie să facă biosfera pentru a îşi asigura supravieţuirea finală. Răspunsul este limpede şi fără echivoc: ea trebuie să părăsească Terra şi să colonizeze spaţiul cosmic.

Să privim Terra ca fiind *Gaia*, mama întregii vieţi (ceea ce cu adevărat este). Gaia, asemeni tuturor mamelor, nu este nemuritoare. Ea este pe moarte. Dar descendenţii ei pot fi nemuritori. Într-adevăr, fiecare fiinţă care trăieşte în prezent pe planetă este descendentul direct al organismelor unicelulare care au trăit acum 3,5 miliarde de ani în urmă. Vârsta descendenţilor acelor organisme antice, strămoşii noştri, reprezintă o fracţie însemnată din vârsta întregului univers, circa 20 miliarde de ani. Deci, copiii mamei Gaia nu pot muri niciodată – cu condiţia ca ei să se deplaseze în spaţiu. Terra ar trebui privită ca pântecul vieţii – dar nimeni nu poate rămâne în pântecul mamei sale, veşnic.

Ceea ce voi face în acest capitol va fi să descriu deplasarea vieţii din pântecul Terra înspre Cosmos. Voi demonstra printr-o analiză în detaliu că acest lucru este posibil din punct de vedere fizic, folosind o tehnologie doar cu puţin mai avansată faţă de ceea ce avem acum, pentru ca viaţa să înghită întregul univers şi să câştige controlul asupra acestuia. În tot acest timp, viaţa va însoţi universul până ce acesta îşi va atinge dimensiunea sa maximă (care, din motive pe care le voi oferi în capitolul 4, va fi între 5×10^{16} şi 5×10^{18} ani). În acest capitol voi arăta în mod exact cum este cu putinţă acest lucru. Voi schiţa, apoi, istoria vieţii, dacă aceasta va supravieţui între momentul actual şi cel al maximei expansiuni. În capitolul 4 voi continua povestea până la sfârşitul timpului, Punctul Omega.

Noi avem deja tehnologia de lansare a rachetelor capabile de a explora şi a coloniza galaxia. Într-adevăr, multe dintre sondele noastre au părăsit deja sistemul solar şi

au început călătoria lor în spațiul interstelar. Ceea ce ne lipsește acum nu este tehnologia de propulsie, ci tehnologia calculatoarelor.

Deoarece stelele sunt separate prin ani-lumină, orice vehicul interstelar condus sau nu de către om trebuie să își fie suficient. Chiar la viteza luminii, sunt necesari ani de zile pentru a trimite piese de schimb și de a decide modul de reacție la evenimente neprevăzute ce pot apărea în alte sisteme stelare. Abilitatea de a lua o decizie ar presupune fie un vehicul spațial mânuit de om, fie o sondă robotizată controlată de un calculator dotat cu o inteligență umană. Prima situație ar impune un număr enorm de vehicule spațiale și, deci, este de preferat sonda robot inteligentă. Dar o sondă robot inteligentă ar fi suficient pentru a însămânța viața pe alte sisteme stelare, deoarece mașina ar putea codifica lanțul ADN pentru oameni și alte forme de viață terestre în memoria sa, iar apoi să utilizeze această informație pentru a crea celule vitale ale acestor forme de viață în sistemele stelare.

Poate fi inteligentă o mașină?

Ipoteza conform căreia noi, oamenii, putem să construim o mașină inteligentă poartă numele de postulatul AI tare, unde AI este forma prescurtată pentru „inteligență artificială". Din discuțiile avute cu cei care nu sunt experți în calculatoare am reținut faptul că majoritatea, sau mai bine zis marea lor majoritate, au rețineri[2] cu privire la această ipoteză – iar această reținere provine efectiv din faptul că în prezent noi nu suntem capabili să construim o astfel de mașină. Dați-mi voie să spun câteva cuvinte mai întâi despre fezabilitatea tehnică a unei astfel de mașini inteligente și

apoi despre teama complet nefondată că aceasta, odată realizată, va fi un monstru gen Frankenstein: chiar dacă am putea construi un astfel de monstru, noi nu trebuie să-l facem, deoarece el s-ar întoarce împotriva noastră, creatorii lui.

Mai întâi de toate, cum putem şti dacă am reuşit? Cum putem şti dacă un calculator este inteligent? Sau, cum ştim noi dacă o fiinţă umană pe care o vedem este inteligentă? Poate că omul suferă de o boală a minţii şi, deci, este inapt să gândească. Şi, din păcate, există mulţi dintre aceştia. În cazul oamenilor, răspunsul este simplu: stăm de vorbă cu ei. Dacă ei răspund coerent la întrebările pe care i le puneţi, atunci puteţi trage imediat concluzia că aceştia posedă o inteligenţă umană normală. Desigur, există boli mentale care nu ies la iveală dintr-o singură şi simplă conversaţie. În acest caz, cu astfel de persoane se poate sta de vorbă mai mult. După zile şi săptămâni, sau chiar *ani* de discuţii, ar trebui *să ştiţi* dacă oamenii prezintă defecţiuni mentale sau nu.

Celebrul specialist în ştiinţa calculatoarelor, englezul Alan Turing, a propus aplicarea aceluiaşi criteriu şi unei inteligenţe artificiale: dacă puteţi să-i vorbiţi unui calculator – vorbindu-i *cu adevărat*, la fel cum aţi vorbi cu o persoană umană normală, atunci calculatorul *este* inteligent. Dacă după ani de dialog cu calculatorul, acesta reacţionează ca şi cum ar avea o personalitate a sa, este conştiincios (şi are o conştiinţă), atunci el este inteligent cu adevărat. Acest algoritm[3] (procedeu) care ne permite să stabilim dacă un calculator este inteligent sau nu se numeşte *testul Turing*. Când Turing a propus testul său prima oară, în anii 1950, calculatoarele erau incapabile să producă o limbă vorbită; ele erau capabile să tipărească pe o hârtie sau să afişeze pe un ecran răspunsul la o întrebare. În aceste condiţii, Turing a propus testul său în următoarea manieră. Să presupunem că avem două camere, în una existând o fiinţă umană, iar în cealaltă un calculator. În afara celor două camere există

un ecran de afişare şi o claviatură. De la acest ecran şi claviatură pornesc nişte fire de legătură care sunt conectate la un alt ecran de calculator şi o altă claviatură, situate în camera în care există fiinţa umană şi conectate direct la calculatorul existent în cealaltă cameră.

O fiinţă din afară încearcă acum să ghicească despre cine este vorba, prin tastarea întrebărilor pe claviatura sa şi analiza răspunsurilor care îi sosesc. Dacă după zile şi săptămâni, sau chiar *ani*, de tastare a mesajelor şi analiză a răspunsurilor sosite, această fiinţă din exterior nu va mai putea preciza în care dintre cele două camere există calculatorul şi în care fiinţa umană, atunci putem spune că testul Turing a fost satisfăcut de către calculator: un om a „vorbit" cu un calculator timp de ani de zile şi acesta s-a comportat exact ca o persoană umană, deci *este* o persoană. Esenţa testului Turing constă în faptul că ceea ce caracterizează o persoană este comportamentul: dacă un calculator se comportă ca o persoană din toate punctele de vedere, atunci el *este* o persoană. Din păcate, au existat în trecut oameni care credeau că criteriul relevant în determinarea faptului dacă o fiinţă este sau nu o „persoană", cu toate drepturile omului, constă în aspectul fizic. În secolul al XIX-lea, mulţi bărbaţi albi din Europa erau convinşi că noneuropenii şi femeile celorlalte rase umane nu erau oameni şi le-au negat acestora toate drepturile omului. Chiar şi o serie de oameni de ştiinţă (toţi bărbaţi albi din Europa) au crezut că femeile şi noneuropenii nu erau o rasă umană pură. Ceea ce a schimbat în cele din urmă părerea acestor oameni de ştiinţă a fost testul Turing aplicat femeilor şi noneuropenilor: oferindu-le posibilitatea, femeile şi noneuropenii pot rezolva probleme intelectuale la fel de bine (dacă nu chiar mai bine), comparativ cu bărbaţii din Europa. Prin urmare, dacă bărbaţii albi din Europa erau o rasă umană pură, atunci şi femeile sau noneuropenii erau la fel. Se poate spera că putem învăţa din greşelile noastre şi să ajungem să privim calculatoarele

inteligente ca persoane. Aşa cum vom vedea, pentru crearea unor astfel de calculatoare inteligente va fi vorba nu de omul care joacă rolul lui Dumnezeu, ci mai degrabă despre o umanitate care să îşi asigure o uniune cu Dumnezeu.

Cu toate acestea, la ora actuală, niciun calculator nu poate trece testul Turing. Mă simt liber să trântesc calculatorul meu de pe birou oricând am chef, fără să-mi fie teamă că voi fi arestat pentru crimă. Problema este dacă va putea *vreodată* un calculator să treacă testul Turing şi, dacă este tehnic posibil să construim un astfel de echipament, cât timp va mai trece până îl vom construi?

Pentru a răspunde la această problemă, trebuie să facem o estimare asupra complexităţii creierului uman, văzut ca fiind un calculator. Aproximativ vorbind, complexitatea unui calculator poate fi descrisă prin două numere: unul care să exprime cantitatea de informaţie pe care o poate înmagazina memoria sa şi altul care să ne spună viteza cu care poate prelucra informaţia.

Capacitatea de stocare a creierului uman se obţine după cum urmează.[4] Creierul uman are circa 10^{10} neuroni, fiecare dintre aceştia având circa 10^5 conexiuni cu alţi neuroni. Presupunând că fiecare *neuron* codifică un bit, obţinem 10^{10} biţi. Presupunând că fiecare *conexiune* codifică un bit, obţinem 10^{15} biţi, deoarece limita superioară[5] a numărului de sinapse din cortexul cerebral şi din cerebel este de 10^{15}. Punctul de vedere comun[6] printre neurofiziologi este acela că informaţia în creier este înmagazinată (cumva) în sinapse. Măsurătorile efectuate de neurofiziologi[7] ale cantităţii reale de informaţie stocată dau $10^{13}...10^{16}$ biţi pentru copii şi $10^{14}...10^{17}$ biţi pentru adulţi în vârstă de 70 de ani. Această estimare de $10^{13}...10^{17}$ biţi am obţinut-o de la colegul meu Dieter Flamm, de la Institutul de Fizică Teoretică al Universităţii din Viena. (Când am fost invitat ca profesor, în 1992, la Universitatea din Viena, i-am arătat lui Dieter calculele de mai sus, $10^{10}...$ 10^{15} biţi, iar el a chemat un

prieten al său neurobiolog să îşi spună părerea despre aceste numere. Prietenul lui Dieter mi-a spus: „Of, voi, fizicienii! Tot timpul încercaţi să cuantificaţi necuantificabilul! Şi, oricum, capacitatea de stocare nu este cuprinsă între 10^{10} şi 10^{15} biţi, ci între 10^{13} şi 10^{17} biţi!" Specialistul în calculatoare Jacob Schwartz[8] estimează 1 byte (8 biţi) pe fiecare sinapsă şi circa 10^{17} biţi pentru capacitatea de stocare a creierului).

Celălalt număr de care avem nevoie este viteza cu care creierul prelucrează informaţia. Vitezele de prelucrare ale calculatoarelor sunt exprimate în general în flops, care derivă de la *floating point operations per second**, aşa cum sunt adunarea, scăderea, înmulţirea sau împărţirea a două numere exprimate în notaţia ştiinţifică uzuală. De exemplu, să presupunem că adunăm $3{,}02 \times 10^{10}$ cu $5{,}74 \times 10^{9}$. Mutăm virgula la al doilea număr pentru ca să avem acelaşi exponent (virgula, punctul zecimal, se „transferă") şi, adunând, obţinem rezultatul $3{,}59 \times 10^{10}$. Pe 4 l-am omis, deoarece lucrăm doar cu trei cifre (digiţi) semnificative. Dacă nu sunteţi obişnuit cu notaţia ştiinţifică, atunci acest calcul vă poate lua zece secunde, caz în care spunem că viteza dumneavoastră de calcul este 1/10 flops.

Calculatoarele standard sunt un pic mai rapide. Calculatorul dumneavoastră poate efectua câţiva megaflops (adică un *milion* de flops), iar în 1986, când am început să scriu despre calculatoare şi creiere, cel mai rapid supercalculator existent atunci, Cray-2, avea o viteză de 1 gigaflops (adică un *miliard* de flops). Din 1990, viteza celui mai rapid supercalculator ajunsese la 10 gigaflops. În ianuarie 1992, Thinking Machines Inc. a expediat un echipament de 100 gigaflops, CM-5, către laboratoarele de cercetare de la Los Alamos. Costul acestui echipament era

* Operaţii în virgulă mobilă pe secundă (operaţii cu numere zecimale, reale) (*n.t.*).

de 10 milioane dolari, un preț standard pentru un supercomputer. Danny Hillis, directorul științific de la Thinking Machines Inc., anunța la acea vreme că firma sa este pregătită să construiască un echipament de 2 teraflops (adică două *trilioane* flops) oricând, pentru cineva care poate plăti prețul de 200 milioane dolari. (Un calculator teraflops se mai numește uneori și un *ultracalculator.*)

Acum, cât de rapid prelucrează informația un creier? Ei bine, între 1% și 10% din neuronii creierului se activează în fiecare clipă, cu o viteză de circa 100 de ori pe secundă. Dacă fiecare neuron activ este echivalent cu un flop, numărul obținut este de 10 gigaflops. Dacă fiecare sinapsă este echivalentă cu un flop la fiecare activare, atunci numărul obținut este 10 teraflops. Jacob Schwartz[9] estimează 10 milioane de flops ca fiind limita superioară necesară simulării unui singur neuron. Dacă așa stau lucrurile, atunci pentru simularea creierului în întregime ar fi necesari 100.000 teraflops. Specialistul în calculatoare Hans Moravec[10], pe baza unei analize foarte atente a prelucrării informației în retină și nervul optic, estimează că întregul creier omenesc prelucrează informația la 10 teraflops.

Vă propun să folosim deci 10^{15} biți și 10 teraflops drept cele mai bune estimări pentru capacitatea de stocare și, respectiv, viteza de prelucrare a creierului omenesc. Noi avem deja echipamente care pot codifica 10^{15} biți, deci obstacolul real de realizare a unui calculator care să treacă de testul Turing este viteza de prelucrare a informației. Cât va mai dura până să ajungă la 10 teraflops?

Nu mult. Sentimentul general al experților[11] este că cele mai rapide supercalculatoare, în domeniul a 1000 teraflops, le vom avea prin anul 2002. Acest lucru corespunde cu factorul 100 de creștere din ultimii șapte ani. Moravec[12] a demonstrat că vitezele de prelucrare ale calculatoarelor au crescut în ultimii peste 40 ani printr-un factor de 1000 la fiecare 20 ani. Deci, calculatoare cu capacitate de

prelucrare a informației la nivelul creierului uman ar trebui să avem la sfârșitul acestui deceniu. De asemenea, Moravec[13] a mai evidențiat faptul că puterea mașinilor de scris o urmează pe cea a celor mai rapide echipamente existente cu o întârziere de circa 30 de ani. Dacă această tendință continuă în viitor la fel ca și până acum, atunci ne putem aștepta să vedem calculatoare personale cu capacitate de prelucrare a informației la nivelul uman și la un preț de câteva mii de dolari prin anii 2030. Aceasta înseamnă că va fi în timpul vieții celor care sunt acum de vârstă medie sau mai tineri. Să notăm faptul că dacă eu greșesc cu privire la limita superioară, iar un calculator care să treacă de testul Turing are nevoie de 10^{17} biți și 100.000 teraflops (după cum consideră experții în calculatoare și neurobiologii), atunci, deoarece estimările mele sunt prea mici printr-un factor de numai 100, acest lucra ne va lua doar *șapte* ani în plus pentru a dezvolta calculatoare cu puterea și memoria necesară. Evident, șapte ani în plus nu mai înseamnă nimic: evoluției i-au trebuit cel puțin 3,5 *miliarde* de ani pentru a ne face pe noi din organisme unicelulare.

Sigur că mai există mulți oameni care cred că noi nu vom fi în stare niciodată să construim un echipament inteligent. Argumentele matematicianului fizician Roger Penrose și ale filosofului John Searle sunt adeseori aduse în discuție și, ca urmare, le voi discuta și eu în cele ce urmează.

Penrose susține în mod corect că Teorema lui Gödel demonstrează faptul că toate calculatoarele, indiferent cât de puternice sunt ele, constituie subiectul unor limitări fundamentale. El afirmă apoi, în mod greșit, zic eu, că ființele umane nu sunt supuse aceloraşi limitări.

În realitate, Teorema lui Gödel se bazează pe o remarcă făcută de Sf. Pavel în epistola sa către Tit: „Unul dintre ei... a zis, «cretanii sunt totdeauna niște mincinoși...»" (Tit 1:12 RSV). Lucrul interesant în legătură cu afirmația lui Pavel atribuită cretanilor este aceea că dacă această afirmație

este adevărată, atunci ea este falsă. Să considerăm afirmația similară: „Această propoziție este falsă". Încă o dată, dacă afirmația este adevărată, atunci ea este falsă și, în plus, dacă este falsă, atunci ea este adevărată. În ambele cazuri, paradoxurile provin din autoreferință: cele două propoziții încearcă să spună ceva despre ele însele.

Ceea ce a făcut logicianul Kurt Gödel în 1930 a fost să arate că întreaga teorie a aritmeticii – aritmetica cu care suntem obișnuiți și care include adunarea, scăderea, înmulțirea și împărțirea – conține o afirmație autoreferențială de tipul: „Această propoziție este nedemonstrabilă". Dacă ea este adevărată, atunci propoziția însăși este nedemonstrabilă, iar aritmetica este incompletă – o teorie se spune că este *incompletă* atunci când ea conține o judecată adevărată care nu poate fi demonstrată pe baza axiomelor teoriei. Pe de altă parte, dacă judecata este falsă, atunci, deoarece ea este echivalentă cu o judecată a aritmeticii, aritmetica ar fi logic inconsistentă. O consecință suplimentară a acestui argument este că aritmetica, dacă este consistentă, trebuie să fie incompletă și, deci, trebuie să fie indecidabilă – o teorie se spune că este *indecidabilă* atunci când nu există vreun algoritm care, dată fiind o judecată a teoriei, poate să spună dacă judecata are valoare de adevăr sau de fals.

Un *algoritm* este chiar procedeul folosit pentru a obține rezultatul, dacă acesta există. De exemplu, dacă vă întreb „cât obțineți dacă înmulțiți 52 cu 27?", un algoritm pe care-l puteți folosi pentru a obține răspunsul corect 1404 este chiar procedeul pe care erați învățați să-l folosiți când erați copil pentru înmulțirea a două numere. O problemă pentru care există un algoritm de rezolvare se spune că este *solvabilă*. Problema înmulțirii a două numere este solvabilă și dumneavoastră cunoașteți algoritmul rezolvării acestei probleme. O *problemă insolvabilă* este una pentru care nu există niciun algoritm de rezolvare.

Ce legătură are deci Teorema lui Gödel cu limitările calculatoarelor? Se respinge faptul că Teorema lui Gödel este în esență echivalentă cu insolvabilitatea *Problemei Opririi* calculatorului.

Dacă vrem să rezolvăm o problemă matematică folosind un calculator, ceea ce avem de făcut este să selectăm un program adecvat, să încărcăm programul în calculator şi să apăsam apoi pe tasta start. Dacă problema este solvabilă şi am ales programul potrivit, atunci după un timp calculatorul afişează rezultatul şi se opreşte. Spunem că programul s-a *oprit.* Cu toate acestea, să presupunem că pentru o problemă calculatorul a operat zile întregi şi la final nu apare niciun rezultat. Începem să fim îngrijorați. Poate că problema este insolvabilă, sau poate că am ales un program greşit. Dacă fiecare dintre variante este adevărată, atunci calculatorul va opera mai departe *veşnic* şi niciodată nu se va opri cu un rezultat corect: el nu se va opri *niciodată.* Ceea ce am dori să facem este să rezolvăm Problema Opririi: să găsim un singur algoritm care să ne spună dacă un program dat, operând asupra unei probleme date, se va opri vreodată cu adevărat.

Turing a demonstrat că Problema Opririi este insolvabilă: nu există algoritm care să decidă faptul dacă un program se opreşte vreodată sau nu. Este uşor de demonstrat că Problema Opririi este o problemă insolvabilă. Să considerăm toate „funcțiile computerizabile" – o *funcție* este o regulă f care asociază oricărui număr întreg N un alt număr întreg f(N), iar o *funcție computerizabilă* este una pentru care numărul f(N) poate fi calculat printr-un program, pentru orice N. Deoarece orice program de calculator este un şir finit de numere, putem pune toate aceste programe într-o ordine {1, 2, ...} unde 1 este primul program, 2 este al doilea ş.a.m.d. Dacă o funcție este computerizabilă, atunci aceasta trebuie să fie exprimabilă sub forma unui şir finit de numere şi, deci, putem lista toate funcțiile computerizabile exact ca

şi listarea tuturor programelor. Să definim o funcţie specială autorefenţială G(N) ca fiind fie una în plus faţă de valoarea celei de-a N-a funcţii computerizabile din listă aplicată numărului N, fie numărul zero, dacă această valoare este nedefinită, deoarece programul al N-lea nu se opreşte niciodată, când numărul N constituie mărimea sa de intrare. Mai întâi să observăm faptul că G(N) nu îşi poate fi sieşi o funcţie computerizabilă, deoarece, dacă al N-lea program o calculează, atunci ar trebui să avem G(N) egal cu G(N) + 1, ceea ce este imposibil.

Există un singur motiv care poate face ca funcţia G să nu fie computerizabilă, şi anume în cazul imposibilităţii de a stabili dacă al N-lea program se opreşte, când N reprezintă mărimea sa de intrare.

Dacă aţi parcurs acest argument şi aţi înţeles că el este adevărat (ceea ce chiar este), atunci aţi scos calculatorul pe care l-aţi analizat de sub incidenţa teoremei Gödel. Ceea ce înseamnă că aţi înţeles ceva din ceea ce calculatorul nu poate să înţeleagă. Din acest lucru, Penrose trage concluzia că noi, oamenii, avem un discernământ în logică pe care calculatorul nu-l are şi, prin urmare, este imposibil pentru orice calculator, indiferent cât de puternic este el, să treacă de testul Turing. Dar, după mine, argumentul lui Penrose are o problemă, şi anume: există maşini capabile să ne scoată pe noi de sub incidenţa teoremei Gödel.

După opinia mea (şi realmente cea a tuturor celorlalţi experţi în calculatoare) argumentul lui Penrose este în esenţă acelaşi cu un argument adus în discuţie cu ani în urmă de către filosoful John Lucas, de la Universitatea din Oxford. O dispută interesantă[14] cu privire la valabilitatea argumentului Lucas-Penrose a apărut cu ocazia dezbaterii despre „Natura gândirii", care a avut loc în 1972 la Universitatea din Edinburgh între filosoful Anthony Kenny, Lucas şi specialistul în fizică/ştiinţe cognitive Christopher Longuet-Higgins:

KENNY: ...Vă amintiți că John Lucas a demonstrat faptul că mințile omenești nu sunt calculatoare, deoarece, dat fiind orice calculator operând algoritmic, noi putem produce ceva de tipul formulei gödeliene, adică putem să o prezentăm sub forma unei formule pe care noi o putem găsi adevărată, dar calculatorul nu poate demonstra că este adevărată. Atunci când John a elaborat pentru prima dată argumentul său, unul dintre criticii săi, mi se pare că era profesorul Whiteley, a făcut următoarea obiecție: el a spus „Considerați această propoziție: «John Lucas nu poate face această judecată în mod consecvent». Acum," a spus el, „evident că orice altă ființă umană cu excepția lui John Lucas găsește acest lucru ca fiind adevărat, fără inconsecvență. Dar, în mod clar, John nu poate face această judecată fără inconsecvență, prin urmare aceasta arată că noi toți avem o proprietate pe care el nu o are și care ne face superiori lui, astfel încât noi toți suntem niște calculatoare...".

LONGUET-HIGGINS: ... [Lucas] sugera faptul că exista o oarecare superioritate asociată ființelor umane, deoarece ele se pot sustrage întotdeauna teoremei lui Gödel, însă prin implicație niciodată [Lucas nu a susținut] explicit că o mașină nu ar putea să le scoată pe acestea de sub incidența teoremei Gödel. Dar, de fapt eu pot scrie un program care să îți afișeze ție [Lucas] întrebarea (problema) [lui Whiteley] și prin aceasta te-aș scoate pe tine în afara teoremei lui Gödel.

KENNY: Ei bine, el nu mai susține acum decât că diferența dintre oameni și calculatoare [este] doar la fel ca și diferența dintre un om și un altul, dintre un computer și altul.

LUCAS: Este suficient aceasta, cu toate că – dacă eu sunt deosebit față de orice calculator, așa cum sunt deosebit față de Kenny, atunci eu pot fi sigur că sunt ceea ce întotdeauna am crezut că sunt.

Versiunea proprie a lui Penrose asupra acestui argument a fost demolată, într-o recenzie a cărții *The Emperor's New Mind,* de către celebrul specialist în știința calculatoarelor John McCarthy, inventatorul limbajului LISP:

> Argumentul lui Penrose împotriva AI ... este că oricare ar fi sistemul de axiome în care este programat să lucreze un calculator, de exemplu teoria mulțimilor Zermelo-Fraenkel, un om poate forma o propoziție Gödel pentru sistem, adevărată dar nedemonstrabilă în cadrul sistemului.[15]
> Cel mai simplu răspuns pentru Penrose este că formarea unei propoziții Gödel dintr-o expresie predicat a demonstrației este chiar un program LISP format dintr-o singură linie. Să ne imaginăm un dialog dintre Penrose și un program matematic:
>
> PENROSE: Spune-mi sistemul logic pe care-l folosești, iar eu îți voi spune o propoziție adevărată pe care nu o poți demonstra.
>
> PROGRAMUL: Spune-mi *tu* sistemul logic pe care-l folosești, iar eu îți voi spune o propoziție adevărată pe care *tu* nu o poți demonstra.
>
> PENROSE: Eu nu folosesc un sistem logic fix.
>
> PROGRAMUL: Eu pot folosi orice sistem dorești, cu toate că cel mai mult folosesc un sistem bazat pe o variantă ZF și derivată dintr-o lucrare a lui David McAllester din anul 1980. Vrei să îți tipăresc un manual? Propunerea ta seamănă cu un concurs în care ar câștiga cel care ar numi cel mai mare număr, eu fiind întotdeauna cel care începe primul.

Penrose mai are un alt argument conform căruia mintea omenească nu poate fi asemeni unui program de calculator: el găsește că este dificil de imaginat cum ar putea

să se nască un astfel de program. Dar Penrose *însuşi* îi descrie mecanismul.

> Dacă am presupune că acţiunea creierului uman... este exclusiv expresia unui algoritm foarte complicat, atunci trebuie să ne întrebăm cum a fost cu putinţă să apară un astfel de algoritm extraordinar de eficient. Răspunsul standard, desigur, ar fi „selecţia naturală". Pe măsură ce creaturile cu creier au evoluat, acelea cu algoritmii cei mai eficienţi au avut o tendinţă mai pronunţată de a supravieţui şi, prin urmare, pe ansamblu, au avut mai mulţi urmaşi ... [Ne-am] putea imagina că un tip de proces de selecţie naturală este eficient dacă produce algoritmi *aproximativ* corecţi.[16]

Cu toate acestea, Penrose „găseşte acest lucru dificil de acceptat"[17] deoarece el crede (1) că orice selecţie poate acţiona doar asupra valorilor de ieşire ale acestor algoritmi şi nu asupra algoritmilor înşişi şi (2) că „cea mai slabă «mutaţie» a unui algoritm l-ar face complet inutil şi este greu de văzut cum ar putea să apară vreodată *îmbunătăţiri* reale în acest mod întâmplător"[18].

Problema care afectează cele două argumente constă în aceea că, dacă ar fi valabile, ele ar anula teoria modernă a evoluţiei biologice. Toate fiinţele vii sunt generate de către programe codificate în molecule de ADN. Aceste programe ADN s-au născut în exact maniera pe care Penrose o găseşte „foarte dificil de acceptat". Selecţia biologică naturală poate acţiona într-adevăr doar asupra întregului organism biologic şi nu în mod direct asupra programelor ADN. Mai mult, o mutaţie a unei gene este aproape întotdeauna o schimbare în mai rău.

Fără îndoială, selecţia naturală este aceea care a acţionat asupra unor astfel de mutaţii (şi a altor schimbări întâmplătoare în zestrea genetică) şi a generat genotipul uman. Chiar ignorând complexitatea minţii omeneşti, trupul

omenesc însuşi reprezintă o uimitoare maşină complexă, mai complexă şi mai potrivită realităţii (adică, adecvată să supravieţuiască) şi mai frumoasă decât orice creaţie a minţii omeneşti. Atât de frumos şi atât de complex este trupul omenesc încât, până când Darwin a demonstrat contrariul, s-a crezut că a fost creat direct de către o Persoană supra-omenească, de Dumnezeu însuşi. Deoarece noi *ştim* că selecţia naturală, acţionând asupra mutaţiilor întâmplătoare, poate fi şi a fost mai creativă decât orice minte omenească, pare plauzibil faptul că mintea omenească poate crea idei şi să fie creată ea însăşi prin acelaşi mecanism.

Penrose realizează faptul că motivele sale de a nu crede în formarea naturală a unui program de gândire umană s-ar aplica, de asemenea, împotriva Teoriei evoluţiei din biologia modernă.

> În opinia mea, mai există ceva misterios legat de evoluţie, cu evidenta ei „bâjbâială" către o ţintă din viitor. Lucrurile *par* cel puţin să se organizeze singure cumva mai bine decât „ar trebui", chiar pe baza evoluţiei oarbe şi a selecţiei naturale. La fel de bine, este posibil ca aceste aparenţe să fie mai curând înşelătoare.[19]

Într-adevăr, aparenţele sunt mai curând înşelătoare. Algoritmii minţii omeneşti şi ai ADN-ului sunt ambele create prin „evoluţia oarbă şi selecţie naturală". Dezvoltarea algoritmilor întâmplători ca algoritmi genetici demonstrează cât de înşelătoare pot fi aparenţele. Algoritmii genetici sunt programe de calculator pentru a găsi soluţii prin chiar mecanismul lui Penrose pe care-l găseşte „foarte dificil de acceptat". Şi, în medie, astfel de algoritmi găsesc soluţii mai rapid decât algoritmii determinişti standard.

Cu peste zece ani în urmă, savanţii dintr-o mare varietate de discipline au înţeles că întâmplarea joacă un rol mai mare într-o schimbare decât s-a crezut anterior.

Paleontologul David Raup[20] a prezentat probe convingătoare despre faptul că cele mai multe dispariții de specii s-au datorat unor evenimente imprevizibile, cum ar fi impactul meteoriților giganți cu Terra (în prezent mecanismul predilect de a explica dispariția dinozaurilor cu 70 milioane de ani în urmă). Evoluționistul John Maynard Smith a pledat pentru mai multă întâmplare în evoluție decât Raup:

> Dacă cineva ar fi capabil să refacă întreaga evoluție a animalelor, începând cu perioada cambriană (și, pentru a-i da satisfacție lui Laplace, mișcând unul dintre animale pe două picioare către stânga sa), nu există nicio garanție – într-adevăr, nicio probabilitate – că rezultatul ar fi același. N-ar fi existat extinderea uscatului, nici apariția mamiferelor și în mod sigur nici ceea a ființelor umane.[21]

Economistul Paul Krugman[22] a revoluționat teoria comerțului internațional prin anul 1980, stabilind că o țară poate deveni producătorul dominant de anumite bunuri, dacă are norocul de a fi primul producător al acestora. De exemplu, nu există niciun motiv serios să presupunem că Seattle din S.U.A. este cel mai bun loc de pe Terra unde se produc avioane comerciale, chiar dacă majoritatea acestora sunt construite acolo. Motivul pentru care Seattle este locul principal de producție este acela că, deoarece costurile de cercetare-dezvoltare pentru astfel de avioane sunt atât de mari, există doar unul sau doi producători în lume, iar Seattle se întâmplă să fie chiar primul producător al acestora. Logica tehnologică și economică impune ca producerea acestor avioane să fie concentrată *undeva,* iar Seattle se întâmplă să fie chiar acest undeva. Pe scurt, eu cred că Penrose a subestimat prea mult importanța întâmplării în procesul evoluției și al creativității umane.

Dar argumentul meu principal împotriva poziției anti-AI a lui Penrose este limita Bekenstein, conform căreia există o limită superioară a numărului de stări cuantice distincte care pot exista într-o regiune de dimensiune și energie finită și o limită superioară a vitezei cu care poate să apară o schimbare a stării. Limitele Bekenstein vor fi discutate în detaliu în capitolul 9 și în Anexă, deci, acum, eu doar le voi rezuma pe scurt. Conform mecanicii cuantice, orice sistem fizic este descris *exhaustiv* prin starea sa cuantică. Aceasta înseamnă că un sistem *este* starea sa cuantică. Fizicianul Jacob Bekenstein a arătat că sistemele cuantice – și conform fizicii orice lucru vizibil este un sistem cuantic – au un număr finit de stări. În particular, o ființă umană poate fi cel mult în una din cele $10^{10^{45}}$ stări și poate suferi cel mult 4×10^{53} modificări de stare pe secundă. Aceste numere, evident, sunt enorm de mari, dar sunt sigur că numerele reale de stări și modificările sunt mult mai mici decât aceste limite superioare. Dar aceste limite sunt totuși finite și bazate strict pe principiile mecanicii cuantice. Astfel, ele demonstrează faptul că o ființă umană constituie o mașină cu stări finite și *nimic altceva* decât o mașină cu stări finite. Penrose, fiind un bun fizician, acceptă[23] desigur valabilitatea limitelor Bekenstein. Dar împreună, ele resping poziția lui, că o ființă umană nu poate fi o mașină.

Nu mai este nevoie să o spun că Penrose nu este de acord. Cititorul acestei cărți își va da seama în mod corect că am pentru Roger Penrose o imensă considerație. El a creat domeniul relativității generalizate globale care este principalul meu sector de cercetare. Într-adevăr, ideea de bază a Punctului Omega este construită pe baza conceptului lui Penrose de „frontieră-c", așa cum voi discuta aceasta în capitolul 4.

Despre neîncrederea sa, Roger mi-a vorbit prima dată în 1984, în timp ce luam prânzul împreună, la o conferință de astrofizică la Ierusalim. La o altă conferință de

astrofizică, de această dată la Berkeley, California, în anul 1992, am avut o discuție înverșunată cu Roger despre AI – din nou în timpul mesei de prânz, dar Paul C.W. Davies ne-a însoțit ca moderator. (Paul este în esență neutru în raport cu AI, dar înclină către scepticismul lui Roger. Criteriul tare AI este pentru Paul puțin prea „reducționist".)

În discuția noastră, Roger a admis valabilitatea limitelor Bekenstein, dar a argumentat faptul că Teorema lui Gödel exclude determinismul și că, pentru oameni, numărul de stări posibile permis de limita Bekenstein este prea mare pentru ca o evoluție pur întâmplătoare între stări să poată explica progresul în termeni matematici. Prin urmare, Roger a susținut ideea că trebuie să existe ceva care să guverneze salturile dintre stările cuantice în afară de mecanica cuantică, și din acest motiv noi nu suntem mașini cu stări finite.

Admit ambele argumente ale lui Penrose, dar nu accept concluzia lui. Eu încă mai cred că un anume amestec de șansă și necesitate, postulate de teoria evoluționistă modernă pentru a explica crearea ființelor umane, este suficient să explice, de asemenea, și evoluția matematicii. Desigur, aceasta înseamnă că istoria evoluționistă a matematicii nu este mai inevitabilă decât evoluția lui *Homo sapiens*. În Teoria Punctului Omega, progresul este inevitabil, dar nu și istoria exactă a acestui progres. Există chiar perioade retrograde. Chiar dacă ar exista un mecanism necunoscut fizicii, care ar cauza salturile dintre stările cuantice, așa cum a postulat Penrose, cele două limite Bekenstein mai implică faptul că suntem niște mașini cu stări finite.

Teoria calculatoarelor distinge două tipuri radical diferite de mașini: mașini cu stări finite și mașini cu stări infinite. Deoarece această distincție este absolut esențială pentru tezele acestei cărți – faptul că noi suntem mașini cu stări finite este esențial pentru demonstrația faptului că într-o zi o mașină cu stări infinite ne va învia – trebuie să descriu în detaliu cele două tipuri.

O *maşină cu stări finite* este finită în două cazuri. Întâi, maşina are doar un număr finit de stări. Al doilea, din punctul de vedere al maşinii, timpul vine treptat, în paşi discreți. Este posibil ca în realitate timpul să varieze în mod continuu, dar o maşină cu stări finite nu-i poate percepe continuitatea. Ceasul ei este un ceas digital.

Sistemul vizual uman a fost multă vreme cunoscut ca fiind digital. Un film proiectat de un aparat video constă de fapt dintr-o serie de cadre discrete, trase cu o viteză constantă, de circa 25 de imagini pe secundă. Proiectate pe un ecran, acțiunea ne apare ca fiind continuă. Dar ea nu este. Aparatul video, proiectorul de cinema şi mintea dumneavoastră sunt maşini cu stări finite. Pentru toate aceste maşini cu stări finite timpul apare ca numere întregi: $t = 1, 2, 3...$

Astfel, o maşină cu stări finite se defineşte prin starea sa internă S(t) la momentul t şi prin modul cum răspunde la orice stimul extern. Cum maşina este finită, există doar un număr finit de posibilități pentru S(t), indiferent de timp: (s_1, s_2, s_3, ..., s_n) sunt singurele posibilități. La orice moment t, S(t) trebuie să fie una dintre aceste n posibilități. Răspunsul de ieşire R(t + 1) se va efectua la momentul t + 1 – atenție, acest moment este imediat următorul după momentul t – şi poate depinde[24] doar de mărimea externă de intrare I(t) la momentul t şi starea internă S(t) a maşinii la momentul t.

Un semnal de intrare exterior I(t) poate determina o modificare a stării interne a maşinii. Din nou, deoarece timpul este cuantificat în intervale discrete, starea internă S(t + 1) la momentul t + 1 poate depinde[25] doar de intrarea I(t) la momentul t şi starea internă S(t) la momentul t.

O maşină cu stări finite este deci complet definită dacă se dau două funcții de tranziție S(t + 1) şi R(t + 1). Fiecare din aceste funcții este definită doar printr-un număr finit al valorilor de intrare, deci fiecare dintre ele poate fi

reprezentată printr-un tabel cu numere finite ale intrărilor. De exemplu, să considerăm o maşină simplă cu doar două stări, s_1 şi s_2, şi să presupunem că aceasta poate accepta doar două intrări pe care le vom indexa cu numerele 0 şi 1. Să presupunem că această maşină nu face nimic altceva decât să ţină minte paritatea (cu soţ sau fără soţ) a numărului 1 primit. Tabelele de tranziţie sunt

		Stare	S(t)
S(t + 1)		i_1	i_2
Intrare	0	i_1	i_2
I(t)	1	i_2	i_1

		Stare	S(t)
R(t + 1)		i_1	i_2
Intrare	0	0	1
I(t)	1	1	0

Aceste tabele indică faptul că starea S şi ieşirea R rămân aceleaşi atunci când intrarea este 0 (zero), dar se schimbă atunci când intrarea devine 1 (unu). Deci, un număr par de intrări 1 (unu) nu va determina o modificare de stare. Aceasta este o maşină plicticoasă, dar, în general vorbind, aşa sunt toate maşinile cu stări finite; ele diferă doar prin mărimea tabelelor de tranziţie. Deoarece un creier omenesc poate înmagazina 10^{15} biţi şi, aşa cum va fi discutat în capitolul 9, aceasta înseamnă că numărul posibil de stări distincte ale creierului este $10^{10^{15}}$, deci, chiar dacă o fiinţă umană este o maşină cu stări finite, tabelul ei de tranziţie numai pentru funcţia S(t) conţine $10^{10^{15}}$ intrări.

Acum, că avem o definiţie exactă a unei maşini cu stări finite, este clar că noi tot suntem nişte maşini cu stări finite, chiar dacă misterioasa forţă de salt cuantic a lui Penrose ar fi reală. (Aşa cum am arătat, nu cred că această forţă există.) Efectul oricărei forţe de acest fel poate fi descris printr-o alegere potrivită a ceea ce a fost numit „intrarea externă".

Se pot demonstra câteva teoreme foarte generale despre limitele maşinilor cu stări finite. Una dintre aceste

teoreme[26] este următoarea: *orice maşină cu stări finite, în absenţa unui stimul exterior, va intra într-o stare după care va repeta la nesfârşit un şir perfect periodic al stărilor.* Demonstraţia acestei teoreme este simplă. Deoarece maşina are doar un număr finit de stări, după un număr finit de momente de timp ea se va întoarce la starea în care a fost anterior. Dar cum nu există stimul exterior care să opereze distincţia între starea finală şi cea iniţială, ea va evolua spre starea spre care s-a îndreptat chiar de prima dată când s-a aflat în această stare ş.a.m.d.

Acesta este primul exemplu din ceea ce voi numi *Teoremele Eternei Reîntoarceri.* Una dintre aceste teoreme afirmă că un sistem fizic trebuie să se întoarcă la o stare anterioară, să se întoarcă din nou, şi din nou, şi din nou... Chiar şi cu un stimul exterior, observăm că o maşină cu stări finite, dacă funcţionează veşnic, atunci veşnic trebuie să se întoarcă. Dar dacă stimulul exterior nu este periodic el însuşi, atunci şirul stărilor pe care le execută o maşină cu stări finite nu va fi nici el periodic. Eventual, se va întoarce într-una din stările anterioare. O maşină cu stări finite este în cele din urmă o maşină plictisitoare. Mult mai interesante sunt maşinile infinite.

O maşină Turing constituie prototipul tuturor maşinilor cu stări infinite. Aceasta este o maşină cu stări finite (numită *cap)* care este conectată la o bandă de hârtie *infinită.* (Aici, „infinit" înseamnă mai curând „nelimitat", sau „potenţial infinit", decât „efectiv infinit".) O maşină Turing este prezentată în figura 2.1. Banda de hârtie este împărţită în arii pătrate de aceeaşi mărime. Capul poate efectua cinci lucruri şi numai cinci. Mai întâi, acesta poate scrie unul dintre numerele finite şi fixate ale simbolurilor de pe pătratul pe care se află (se poate arăta că sunt suficiente două simboluri, să spunem 0 şi 1). În al doilea rând, se poate citi ceea ce este scris în pătrăţel. În al treilea rând, îşi poate aminti ceea ce a citit (există un număr limitat de posibilităţi

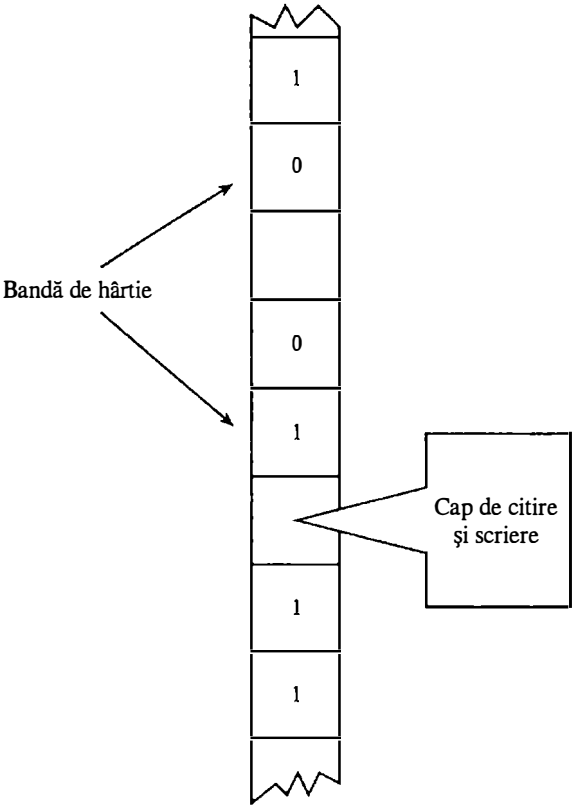


Fig. 2.1. O maşină Turing, cea mai simplă maşină care poate calcula orice şi care poate fi făcută să întreacă orice alte maşini. Ea constă din două părţi: (A) o bandă de hârtie (care are o lungime nelimitată în ambele direcţii) şi (B) un cap care este o maşină cu stări finite ce efectuează cinci operaţii: (1) poate scrie unul dintre numerele finite ale simbolurilor din fiecare pătrăţel de pe hârtie; (2) citeşte ceea ce este scris pe fiecare pătrăţel; (3) îşi poate aminti ceea ce a citit; (4) poate şterge ceea ce a scris şi să imprime orice alt simbol şi (5) după efectuarea uneia sau mai multor operaţii din cele patru, poate muta hârtia cu un pătrăţel către dreapta sau stânga.

de a putea vedea pătrățelul de hârtie). În al patrulea rând, el poate şterge ceea ce este în pătrățel (şi să-l înlocuiască cu un alt simbol). În al cincilea rând, poate mişca banda de hârtie cu un singur pătrățel la stânga sau la dreapta.

Banda de hârtie reprezintă un fel de memorie a maşinii Turing. Deoarece banda este infinită, o maşină Turing are de departe calități dincolo de orice maşină cu stări finite. Unul dintre lucrurile pe care aceasta le poate efectua este acela de a simula orice maşină cu stări finite. Cum tabelul de tranziție pentru orice maşină cu stări finite este limitat, este clar că aceste numere pot fi codificate pe banda unei maşini Turing. În plus, aceste numere pot fi codificate astfel încât maşina Turing să le poată utiliza pentru a calcula răspunsul oricărei maşini cu stări finite la acțiunea oricărui stimul. Într-un sens mai profund, numerele din tabelul de tranziție astfel codificat pe banda maşinii Turing *sunt* maşini cu stări finite. Orice lucru pe care-l efectuează o maşină reală cu stări finite cu acelaşi tabel de tranziție este efectuat şi de corespondentul numeric de pe banda maşinii Turing. „Maşina" care există sub formă de numere într-o maşină Turing (sau alt calculator), şi nu neapărat sub forma unui „hardware" real, se numeşte *maşină virtuală.* Maşina virtuală, care are aceleaşi tabele de tranziție ca şi o maşină reală, reprezintă o simulare perfectă a maşinii reale. O simulare perfectă se numeşte *emulație.* Evident, majoritatea simulărilor de calculator nu sunt emulații. Doar maşinile simple au fost emulate până acum, deoarece memoria calculatorului şi viteza necesară emulării pot fi enorm de mari. Dar toate maşinile cu stări finite pot fi emulate prin maşini Turing.

Maşinile Turing pot emula alte maşini Turing. De fapt, există o maşină Turing, numită *maşină Turing universală,* care poate emula toate maşinile Turing, inclusiv pe sine. Astfel, putem avea o ierarhizare a maşinilor care emulează alte maşini. Maşina Turing T_0 poate fi o maşină

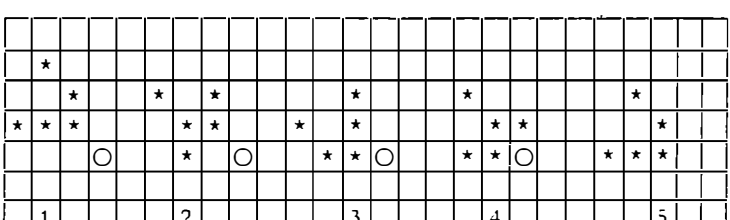
reală, dar în interiorul acesteia există o maşină Turing virtuală T_1, iar în interiorul lui T_1 există maşina virtuală T_2, în care există T_3 ş.a.m.d. Aceste niveluri ale maşinilor virtuale din interiorul maşinilor virtuale se numesc *niveluri de implementare.* Maşinile de nivel superior operează într-o completă uitare de maşinile de niveluri inferioare. Nu se întâmplă nimic la nivelurile superioare dacă una sau mai multe maşini de nivel inferior sunt înlocuite prin alte maşini complet diferite – evident, cu condiţia ca maşinile înlocuitoare să fie capabile de a le emula pe cele de pe nivelurile superioare la aceeaşi viteză. Ca o regulă generală în calculatoare, maşinile de niveluri diferite nu se amestecă, dar această regulă este impusă mai degrabă pentru a simplifica viaţa programatorilor, decât din considerente matematice. Dacă o maşină este transferată pe un nivel superior de implementare, se spune că este *supraîncărcată,* iar dacă este transferată pe un nivel inferior de implementare, se spune că este *subîncărcată.*

Există o infinitate de maşini care sunt complet echivalente cu maşina Turing universală şi, de aceea, ele pot emula orice altă maşină. În literatura tehnică de calculatoare[27] au fost descrise duzine de astfel de maşini, dar aici eu voi menţiona doar două dintre ele: calculatorul de biliard şi Jocul Vieţii.

Calculatorul de biliard[28] este construit din bile care nu fac altceva decât să se ciocnească între ele şi să se reflecte de nişte pereţi rigizi, atât ciocnirile, cât şi reflexiile de perete fiind guvernate de legile mecanicii newtoniene. Bilele se deplasează pe un plan infinit cu o viteză constantă, cu excepţia momentului când ele întâlnesc un perete sau o altă bilă. Întregul plan pe care se deplasează bilele este împărţit în pătrate, iar prezenţa sau absenţa unei bile într-un pătrat este considerată ca fiind 1 sau, respectiv, 0. [Împărţirea planului în pătrate este] echivalentă cu banda de hârtie infinită a maşinii Turing, bilele sunt echivalente cu

simbolurile pe care le scrie capul de scriere pe hârtie, iar ciocnirile şi reflexiile joacă aceleaşi rol ca şi capul. O analiză riguroasă[29] arată că o colecţie adecvată de bile şi pereţi poate calcula aceleaşi lucruri pe care le poate calcula şi o maşină Turing.

Jocul Vieţii[30] reprezintă un joc simplu de calculator, care a fost inventat de către matematicianul englez John Conway. Ca şi în cazul calculatorului de biliard, un plan infinit este împărţit în pătrate. Fiecare pătrat este sau gol sau conţine un singur punct. La secvenţa următoare se poate întâmpla unul din următoarele trei lucruri: (1) un punct este adăugat unui pătrat alb; (2) un punct este şters dintr-un pătrat care conţinea un punct şi (3) un punct care era într-un pătrat rămâne în pătrat. Regula după care se determină care dintre aceste trei posibilităţi va apărea este extrem de simplă: un pătrat dat are opt pătrate învecinate. Punctul va fi adăugat pătratului dacă exact trei dintre aceste opt pătrate învecinate au puncte. Dacă pătratul are deja un punct, acesta îl va păstra până ce două sau trei din cele opt pătrate vecine vor avea puncte, în caz contrar – punctul va fi şters. Un exemplu de comportament al unei colecţii particulare de puncte – numită „planor" – care evoluează în cinci secvenţe după aceste reguli este prezentat mai jos. „Planorul" îşi schimbă forma sa în timp, dar în a cincea secvenţă el capătă aceeaşi formă pe care o avea în prima secvenţă, iar întregul său se deplasează astfel încât vârful să ocupe în secvenţa a cincea pătratul marcat prin O.



Efectuând structuri precum cele ale planorului din Jocul Vieții, se poate simula și emula orice mașină pe care o mașină Turing universală o poate emula și invers.[31] După vreo 60 de ani de căutări, nimeni nu a fost capabil să se gândească la o mașină care poate calcula ceva ce o mașină Turing universală nu poate face. Acest lucru sugerează cu tărie faptul că nu există astfel de mașini.

Ipoteza că nu există astfel de mașini sau, să exprimăm aceasta altfel, ipoteza că o mașină Turing universală (sau echivalentul său) poate emula orice mașină poartă numele de *Teza Church–Turing*. Teorema de oprire discutată mai sus se aplică și mașinii Turing universale, deci nicio mașină nu poate rezolva Problema Opririi.

Faptul că o mulțime de mașini sunt universale l-a înșelat pe John Searle, un filosof de la Universitatea din California, în elaborarea unui argument[32] larg discutat împotriva AI, experimentul camerei chinezești. Să ne imaginăm, spune Searle, că mă aflu într-o cameră plină de cărți care codifică un program de calculator capabil de a trece testul Turing – în limba chineză. Noi știm bine că derularea oricărui program este echivalentă cu deschiderea unei cărți, citirea a ceea ce este scris, ștergerea unor lucruri scrise, memorarea unor lucruri scrise și trecerea de la o carte la alta. (Acest procedeu reprezintă o altă mașină universală.) Să presupunem că cineva introduce pe sub ușă o bucată de hârtie cu ceva scris pe ea în chinezește. Să zicem că eu (Searle) nu știu limba chineză și, deci, pentru mine scrisul de pe hârtie îmi pare o simplă mâzgăleală. Totuși, dacă este să dăm crezare celor care susțin AI-ul, urmând instrucțiunile din cărți (și modificând cărțile în mod corespunzător) eu pot face niște semne pe o altă bucată de hârtie – semne fără niciun înțeles pentru mine – dar care vor fi recunoscute în mod corect de către vorbitorii de limbă chineză din afara camerei. În esență, trecând astfel de hârtii încolo și încoace pe sub ușă, se poate stabili o conversație, iar vorbitorii de

limbă chineză din afara camerei vor crede că în cameră există tot un vorbitor de limbă chineză. Prin urmare, spune Searle, am trecut cu succes de testul Turing pentru vorbirea limbii chineze. Dacă testul Turing ar fi fost un test de inteligență validat, atunci noi am concluziona că eu înțeleg limba chineză. Dar eu am spus deja că nu înțeleg limba chineză. Din acest motiv, testul Turing este fundamental imperfect şi, prin urmare, observăm că „înțelegerea" nu este o proprietate a simulărilor pe calculator: niciun calculator, oricât de complicat ar fi, nu gândeşte.

Eu cred însă că ceea ce este imperfect cu adevărat este premisa de bază a lui Searle şi nu testul Turing. O ființă umană nu poate să simuleze manual un program care trece testul Turing, la fel cum nu poate face un salt direct pe Lună. Oricine ştie că a sări până la Lună este un lucru imposibil, dar este instructiv de arătat, folosind legile fizicii, de ce acest lucru este imposibil. Este vorba de un calcul simplu care ilustrează excelent modul în care fizicienii sunt în stare să excludă procese fizice imposibile, chiar şi în principiu. Voi utiliza apoi un calcul analog pentru a arăta că simularea manuală a unui program care trece testul Turing este tot un lucru fizic imposibil, deci respinge argumentul lui Searle.

Pentru a ajunge pe Lună este necesar, în primul rând, să ai o viteză suficient de mare pentru a învinge câmpul gravitațional al Terrei. Această viteză are valoarea de 7 mile pe secundă. Pentru a atinge această viteză pe o distanță de numai un metru – într-o săritură clasică, săritorul îşi mută întregul corp cu un metru din poziția ghemuit la cea verticală – înseamnă o accelerație de *şase milioane de accelerații gravitaționale.* Această uriaşă accelerație îl face pe un om efectiv plat. Chiar şi astronauții care ies în spațiul cosmic suferă doar circa şase accelerații gravitaționale. Majoritatea oamenilor îşi pierd cunoştința dacă accelerația depăşeşte zece accelerații gravitaționale. (Recordul de rezistență la accelerație „mare" este de circa 20 de accelerații

gravitaționale). Energia de mișcare (energia cinetică) a unei persoane de 50 kg (110 pound), deplasându-se cu 7 mile pe secundă, este de 760.000 calorii. Cum o persoană de vârstă medie are nevoie zilnic de circa 2.000 calorii (circa 100 W), această energie – consumată într-o zecime de secundă – reprezintă energia cheltuită într-un an întreg de către o persoană de vârstă medie. Un kilogram de grăsime are o energie nutritivă de 9.290 calorii pe kilogram[33], deci, chiar dacă *întregul corp* al unui săritor de 50 kg ar fi utilizat drept hrană pentru săritură, s-ar obține doar 460.000 calorii. Deci, un om nu poate sări până la Lună. Desigur, acest lucru este evident oricui, fără să facă niciun calcul.

Mai puțin evident însă este faptul că tot imposibil este și faptul să simulezi manual un program de calculator suficient de complex pentru a trece testul Turing. Motivul pentru care nu-i evident constă în faptul că, deși aproape oricine a experimentat o săritură, puțini dintre noi au încercat cu adevărat să simuleze manual un program de calculator. Dacă estimarea pe care am făcut-o, referitoare la faptul că creierul omenesc poate codifica 10^{15} biți, este corectă, atunci, deoarece o carte de grosime medie codifică circa 10^6 biți (această carte are cu puțin sub 10^7 biți), s-ar impune mai mult de 100 milioane de cărți pentru a codifica creierul uman. Aceasta ar necesita cel puțin 35 de etaje principale ale unor biblioteci universitare, pentru a depozita atâtea cărți. Din experiență știm că putem accesa orice amintire în creierul nostru în circa 100 secunde, deci o simulare manuală a unui program care să treacă testul Turing ar presupune pentru un om ca el să fie în stare să scoată din raft, să arunce o privire și să pună la loc în raft toate aceste 100 milioane de cărți în 100 secunde. Dacă fiecare carte cântărește circa un pound (0,5 kg) și, în medie, o carte este deplasată un yard (un metru), în procesul de scoatere din raft și de punere la loc, atunci în 100 secunde energia consumată doar pentru deplasarea cărților este de 3×10^{19} J;

rata consumului de energie de 3×10^{11} MW. Cum un om foloseşte în mod normal energia cu o rată de 100 W, puterea totală necesară, exprimată în om-putere, este de 3×10^{15} fiinţe omeneşti, adică de circa un milion de ori mai mult decât populaţia actuală a globului. Puterea de ieşire tipică a unei centrale nucleare mari este de 1000 MW, deci o simulare manuală a unui program uman necesită o putere de ieşire egală cu cea a 300 milioane de centrale nucleare mari. Aşa cum am spus, un om nu poate să simuleze manual un program care să îndeplinească testul Turing, aşa cum nu poate nici să sară direct până la Lună. De fapt, problema este cu mult mai dificilă. Penrose[34] a sugerat faptul că în esenţă poate nici nu este nevoie de întreaga capacitate a creierului omenesc pentru a simula „apariţia unui singur eveniment mintal". În prezent ştim că este într-adevăr necesară o porţiune substanţială din întregul creier, deoarece scanările dinamice ale creierului unei fiinţe umane care gândeşte indică faptul că cel puţin 1% din creier, şi probabil mai mult, este activat în timpul „unui singur eveniment mintal". (Vă reamintesc că după aprecierile mele asupra vitezei de operare a creierului uman, am presupus că doar între 1% şi 10% din creier ar fi activată la orice moment de timp.) Scanările dinamice ale creierului sunt efectuate cu un echipament M.R.I. rapid (**M**agnetic **R**esonance **I**maging – Imagistică prin Rezonanţă Magnetică, *n.t.*), care poate distinge între un sânge oxigenat şi unul neoxigenat la nivelul de 1 mm^2 din suprafaţa creierului. Celulele nervoase active utilizează oxigenul cu o viteză mai mare decât cele inactive şi, deci, drenajul oxigenului dintr-o regiune indică prezenţa activităţii cerebrale în acea regiune. Deoarece aceste scanări nu detectează direct activitatea electrică, ele dau doar o limită inferioară a mărimii regiunii care este activată. Pe măsură ce numărul înregistrat al acestora creşte, creşte şi procentul de creier activat. Deci, din această operaţie de

scanare a creierului rezultă evident faptul că îndeplinirea testului Turing ar implica aproape întreg creierul.

Calculul pe care l-am făcut presupune o operare secvențială, care este ceea ce am avea dacă o singură ființă omenească ar efectua simularea manuală. Dar primul calculator care să aibă puterea de operare necesară rulării unui program și care să satisfacă testul Turing va fi fără îndoială un calculator paralel. Un echipament secvențial efectuează doar un singur pas într-un impuls de timp, în timp ce un echipament paralel efectuează mai mulți pași în același impuls de timp, în paralel. Searle a propus utilizarea întregii populații a Indiei (800 milioane de oameni) pentru a simula manual programul. Acum, aceasta este mult mai fezabil, dar ar necesita întreaga rasă umană, pentru a egala puterea a 10 miliarde de neuroni de care dispune creierul uman. Totuși, o astfel de modificare distruge argumentul lui Searle, deoarece este evident pentru oricine că întreaga specie umană poate „cunoaște" lucruri pe care niciun individ luat separat nu le știe. De pildă, niciun individ luat separat nu posedă suficiente cunoștințe pentru a construi un automobil. A construi un automobil nu înseamnă numai asamblarea părților, ci chiar executarea părților componente, precum și extragerea minereului și rafinarea metalelor necesare execuției acestor componente. Și mai înseamnă cunoașterea în detaliu a modului concret de a face acest lucru și nu doar o cunoaștere de principiu. Nicio ființă omenească nu posedă aceste cunoștințe, cu toate că rasa umană în ansamblul ei cunoaște acest lucru. Deci, este perfect rezonabil ca rasa umană în ansamblul ei (sau populația Indiei) *să poată* vorbi limba chineză, chiar dacă niciun individ luat separat, efectuând simularea manuală, nu o știe. O situație analoagă apare în cazul creierului: niciun neuron luat separat nu poate gândi, dar întreaga colecție de neuroni din creier reușește cu certitudine să o facă. În plus, un calculator 10-teraflop, fie secvențial, fie paralel, poate investiga o memorie de 10^{15} biți

în 100 secunde, având nevoie pentru aceasta de o putere mai mică de un kilowatt. Deci, este perfect rezonabil să credem că un echipament de 10-teraflop poate rula un program care satisface testul Turing.

Searle a sugerat, de asemenea, că energia necesară poate fi redusă prin interiorizarea programului care satisface testul Turing. Adică, omul din camera chinezească „să memoreze regulile şi băncile de date ale simbolurilor chineze şti într-un sistem şi să efectueze toate calculele în capul său". Să memorezi toate conţinuturile a 100 milioane de cărţi? Imposibil! Ţineţi cont că pe lângă numerele pure din cărţi mai există şi tabelele de numere. Chiar şi o fiinţă omenească cu memorie fotografică ar avea nevoie de cel puţin o oră pentru fiecare carte şi, cum există cu puţin sub 10.000 ore pe an, memorarea întregii colecţii ar necesita 10.000 ani, presupunând că nu se mănâncă, nu se doarme. Încă o dată, acest lucru nu poate fi făcut. Experienţa cu camera chinezească a lui Searle ne impune să ne închipuim o contradicţie logică: o fiinţă umană normală face ceea ce o fiinţă umană normală nu poate face.

Punctul central al lui Searle din experienţa cu camera chinezească este următorul: „un calculator are o sintaxă, dar nu are semantică".[35] Aceasta înseamnă că întreg programul vehiculează simboluri conform unor anumite reguli formale (sintaxă). Nu există un *înţeles* a ceea ce *înseamnă* simbolurile (semantică). Cu toate acestea, când se scrie un program, acesta este proiectat pentru un anumit context în care va rezulta o anumită serie de simboluri din partea de „hardware" care va executa anumite lucruri. De exemplu, „5546" poate însemna deschiderea robinetului cu numărul 46, dacă programul de calculator verifică o rafinărie de petrol. Astfel, simbolul „5546" înseamnă „Deschide robinetul numărul 46". Într-un alt context – dacă programul pentru rafinăria de petrol s-ar rula pe calculatorul de pe

biroul meu, de exemplu – şi ar apărea %%$^, nu se va întâmpla nimic. Şirul de simboluri %%$^ este *fără sens* în contextul calculatorului de pe biroul meu. (Probabil că v-aţi întrebat: „De unde provine şirul %%$^? Doar vorbeam despre 5546!" Da, aşa este. Şirul %%$^ se obţine atunci când tastaţi 5-5-4-6 fără să deblocaţi tasta „shift" de pe claviatură. O uşoară modificare a contextului deci va trece sensul şirului de simboluri într-unul fără sens.) Concluzionând, putem spune că semnificaţia simbolurilor provine din modul în care simbolurile din program sunt legate de context prin intermediul părţii de „hardware" a calculatorului şi nu din manipularea lor. Un program de calculator care este rulat pe un calculator cuplat la o rafinărie de petrol nu doar simulează controlul rafinăriei, ci chiar controlează în mod real această rafinărie.

Dacă programul care satisface testul Turing din camera chinezească ar fi rulat pe un calculator de 10-teraflop, iar hârtiile pe care calculatorul le citea şi le tipărea ar fi fost modificări cu sens în limba chineză, atunci putem concluziona faptul că programul a fost rulat în *prealabil* într-un context care să-i permită acestuia să interacţioneze cu oamenii şi să înveţe ce *înseamnă* cuvintele într-o limbă omenească. Un program inteligent ar avea de învăţat ceea ce înseamnă diferite cuvinte exact cum învaţă un copil. Eu am două fete – în 1993 aveau vârstele de 4 ani, respectiv 7 ani – şi le-am urmărit în timp ce învăţau să vorbească. Prima utilizare a unui cuvânt era cel mai adesea neadecvată, dar pe măsură ce interacţionau cu oamenii şi cu lumea, auzindu-i pe alţii vorbind şi observând contextul, cuvintele lor deveneau încet-încet mai exacte, iar vocabularul lor sporea. Copiii mei au învăţat, şi încă mai învaţă, referinţele cuvintelor în lumea reală; ei învaţă care sunete le conferă *înţeles*. Tot aşa trebuie să fie şi cu programul care satisface testul Turing. Scopul programului AI este de a

construi un program de calculator care, dacă se rulează pe un calculator „hardware" care să-i permită să interacţioneze cu lumea, atunci el însuşi va deveni inteligent. Aşa au făcut şi copiii mei: ei s-au creat pe ei înşişi, iar eu i-am supravegheat să facă acest lucru. Până la vârsta de un an nici unul dintre copiii mei n-a putut trece testul Turing. În prezent, amândoi îl pot trece cu uşurinţă.

Deci, faptul că peste circa 30 de ani vom fi capabili să construim un echipament care să fie la fel de inteligent ca omul, sau chiar mai inteligent, ei bine, acest fapt este copleşitor. Ar fi permis acest lucru? Noi înşine suntem „maşini inteligente". Într-adevăr, există un argument practic stimulator de a crea maşini inteligente. *Astfel de maşini ne vor spori bunăstarea, chiar dacă ne sunt superioare din orice punct de vedere.* Una dintre teoriile economice cele mai fundamentate este Teoria Avantajului Comparat, care justifică de fapt comerţul liber. Conform acestei teorii, dacă două persoane sau două naţiuni sau două rase diferă între ele prin eficienţa relativă cu care produc bunuri, atunci va fi avantajos pentru ambele în a se angaja în comerţ, chiar dacă una dintre ele produce orice bun mai bine decât cealaltă. Acest lucru se aplică şi interacţiei om–inteligenţă–robot, la fel ca şi comerţului dintre naţiuni. Desigur, nu ar fi înţelept pentru oameni să încerce să înrobească maşinile inteligente sau să le ucidă. În povestirea originală despre Frankenstein scrisă de Mary Shelley, „monstrul" era iniţial mai inteligent decât orice fiinţă omenească şi era prietenos şi bun din naştere. El a început să-i atace pe oameni numai după ce aceştia l-au atacat ei mai întâi.

Dar motivul principal de a permite construirea maşinilor inteligente este faptul că fără ajutorul lor rasa umană este pierdută. Cu ajutorul lor putem să supravieţuim pentru totdeauna. Pentru a înţelege cum, să vedem mai întâi modul în care pot ele să ne ajute să colonizăm spaţiul.

Cum să construim o sondă robot interstelară

În procesul de colonizare a spațiului, este înțelept să adoptăm o strategie care maximizează rata probabilă a sistemelor stelare colonizate şi minimizează costurile impuse de nivelul tehnologiei. Costurile pot fi minimizate în două feluri: mai întâi, tehnologia deja disponibilă ar trebui utilizată pe cât posibil pentru a reduce cheltuielile cu cercetarea şi dezvoltarea; în al doilea rând, ar trebui folosite pe cât posibil toate resursele care nu pot fi utilizate pentru alte scopuri. Resursele disponibile pe sistemele stelare nelocuite nu pot sluji oricărei nevoi umane, fără ca mai întâi să fie trimis un vehicul spațial; într-adevăr, din punct de vedere economic, materialele care nu pot fi utilizate sunt prin definiție fără valoare. Prin urmare, orice strategie optimă de colonizare trebuie să folosească pe cât posibil materialele disponibile pe alte sisteme stelare. Cu tehnologia de azi, o astfel de utilizare nu poate fi foarte vastă, dar cu nivelul tehnologiei calculatoarelor presupus mai înainte, aceste resurse pot acoperi efectiv întregul cost al programului de explorare.

Ceea ce este necesar este un constructor universal autoreproductiv: o maşină capabilă de a construi orice dispozitiv, dat fiind un program de construcție şi materiale de construcție adecvate.[36] Prin definiție, el este capabil de a se copia pe sine însuşi. Un constructor universal este analog calculatorului universal discutat mai înainte: un calculator universal poate calcula tot ceea ce poate fi calculat, iar un constructor universal poate construi tot ceea ce poate fi construit. Turing a arătat cum poate fi construit un calculator universal, iar von Neumann[37] a precizat cum poate fi construit un constructor universal. Un studiu special[38] NASA din 1980 a estimat că în următorii 20 de ani pot fi construiți

roboți constructori universali, dacă se găsesc fonduri pentru acest proiect. În esență, asemeni calculatoarelor universale, toate tipurile de mașini sunt constructori universali: o ființă umană este un astfel de constructor universal specializat de pe suprafața Pământului. Astfel, un program de colonizare interstelară condus de om va fi chiar un caz special a unei strategii de colonizare realizată de constructorii universali.

Încărcătura unei sonde către alt sistem stelar ar consta dintr-un constructor universal autoconstructiv cu inteligență de nivel uman – am denumit o astfel de sondă în altă parte[39] *sondă von Neumann* – împreună cu un motor pentru coborârea pe sistemul stelar atins și un motor pentru deplasarea pe suprafața sistemului stelar – acesta din urmă poate fi un sistem cu propulsie electrică[40] sau o corabie solară.[41] Sonda von Neumann ar fi destinată cercetării de materiale de construcție cu care să se realizeze câteva cópii ale sale, precum și sistemul original de propulsie al sondei. Judecând după observațiile propriului nostru sistem solar, după observațiile pe care le aveam despre alte sisteme solare și după cele mai recente teorii despre formarea sistemului solar, astfel de materiale ar trebui să se găsească rapid, fiind disponibile în orice posibil sistem solar sub formă de meteoriți, asteroizi, comete și alte resturi rămase din formarea sistemului nostru solar. Observații recente ale cantităților uriașe de praf din jurul stelei Vega și al altor stele indică faptul că astfel de materiale se găsesc într-adevăr în jurul multor stele, dacă nu cumva în jurul tuturora. Indiferent de materialele necesare pentru reproducerea sondei von Neumann, acestea ar trebui să fie disponibile din unele surse ale unui sistem solar. De pildă, materiile din asteroizi sunt puternic diferențiate; mulți asteroizi sunt plini de nichel-fier, în timp ce alții conțin mari cantități de hidrocarburi.

Imediat ce sunt realizate cópiile după sonda von Neumann, acestea ar trebui să fie lansate către stele situate în imediata vecinătate a stelei de bază. De pildă, vom trimite

probabil inițial sonda von Neumann originală către Proxima Centauri. Copiile executate ar putea fi lansate către Alfa Centauri (steaua cea mai apropiată de Proxima Centauri; uneori Proxima Centauri este considerată ca fiind o componentă a sistemului Alfa Centauri) şi/sau Sirius, Epsilon, Eridani, Tau Ceti şi Procyon. După ce aceste noi sonde au ajuns la aceste stele, procesul poate fi repetat, şi repetat din nou, până ce sondele au acoperit toate stelele din întreaga noastră galaxie. Dezvoltarea exponențială a expansiunii sondelor von Neumann este prezentată în figura 2.2.

După ce a fost construit un număr suficient de cópii, sonda von Neumann poate fi programată să exploreze sistemul stelar în care se găseşte şi să transmită către Pământ informația achiziționată. De asemenea, sonda von Neumann poate fi programată să utilizeze resursele din sistemul stelar respectiv pentru a conduce cercetări ştiințifice care ar fi prea scumpe sau prea periculoase de a fi realizate în propriul nostru sistem solar.

Apoi, sonda von Neumann ar putea coloniza sistemul stelar țintă cu ființe umane şi alte elemente de viață terestră. Chiar dacă n-ar exista planete în sistemul stelar țintă – ținta poate fi un sistem de stea dublă, fiind alcătuit doar din resturi de asteroizi (sistemul Alfa Centauri ar putea fi de acest fel) – sonda von Neumann ar putea fi programată să depoziteze o parte din materialul disponibil într-o *colonie O'Neill* [42], colonie umană independentă din spațiu şi care nu este localizată pe o planetă, ci este mai curând o stație spațială. Locuitorii pentru această colonie pot fi sintetizați de sonda von Neumann. Întreaga informație necesară realizării unei ființe umane sau a oricărei alte forme de viață terestră este conținută în genele unei singure celule a formei de viață. Astfel, îndată ce avem cunoştințele necesare sintetizării unei singure celule – unii biologi au susținut că rasa umană ar putea dobândi astfel de cunoştințe în următorii 30 ani; proiectul „Human Genome Project" constituie o treaptă

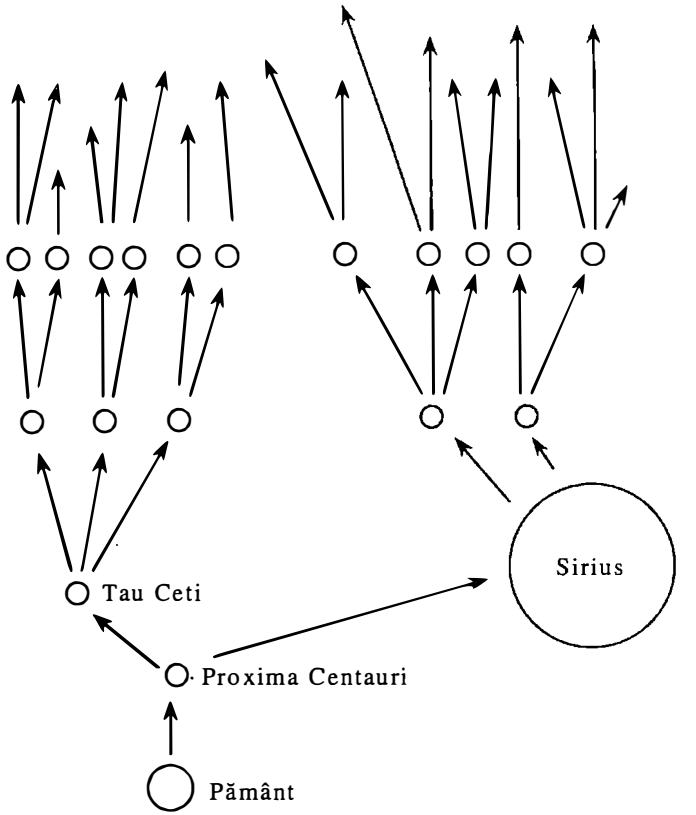


Fig. 2.2. Explorarea universului utilizând o sondă von Neumann, sondă cosmică autoreproductivă. De pe Pământ se lansează o singură sondă care călătoreşte către cel mai apropiat sistem stelar (Proxima Centauri). Folosind materialele disponibile în acest sistem stelar, sonda creează două cópii ale sale care sunt trimise către Tau Ceti şi Sirius. La rândul lor, sondele trimise către Tau Ceti şi Sirius îşi construiesc alte cópii ale lor, care sunt trimise către alte sisteme stelare. Acest proces se repetă până ce toate sistemele stelare din galaxie (în cele din urmă întreg universul) au câte o sondă pe ele. Astfel, întreaga galaxie a fost explorată pe cheltuielile construirii unei singure sonde.

importantă în această direcție – atunci am fi capabili să programăm o sondă von Neumann care să sintetizeze o celulă-ou fertilizată a oricărei specii terestre. În cazul semințelor de plante sau a ouălor de pasăre, sinteza unei singure celule-ou ar fi suficientă pentru naşterea în scurt timp de adulți ai acestor forme de viață. În cazul oamenilor, „ouăle" fertilizate ar trebui plasate într-un pântec artificial – o astfel de tehnologie se află în faze incipiente de dezvoltare – caz în care sistemul solar țintă ar avea ființe omeneşti după nouă luni de la plasarea ouălor fertilizate în pântecul artificial. Aceşti copii pot fi crescuți până la vârsta adultă de nişte doici-robot, după care adulții pot face alți copii prin metoda tradițională.

Astfel, problema călătoriei interstelare s-a redus la problema transportului unui constructor universul autoreproductiv către un alt sistem stelar. Acest lucru mai poate fi completat de tehnologia la zi a rachetelor. Un număr de experți[43] au subliniat, prin anii 1960, că prin utilizarea balansului lui Jupiter apropiindu-se de Soare şi apoi adăugând o viteză suplimentară, la cea mai mică apropiere de Soare, viteza de desprindere de sistemul solar, care este de circa 90 km/s (circa 3×10^{-4}c), poate fi atinsă cu rachetele chimice cunoscute astăzi („c" este litera cu care oamenii de ştiință notează viteza luminii, $c = 3 \times 10^5$ km/s = 186.000 mile pe secundă). Naveta spațială Voyager, care a trecut de Neptun în urmă cu câțiva ani, are la ora actuală o viteză de deplasare de $0{,}6 \times 10^{-4}$c. La aceste viteze, timpul necesar pentru deplasarea până la cele mai apropiate stele este cuprins între 10^4 şi 10^5 ani.

Sondele spațiale robot cu o masă foarte mică constituie la ora actuală un standard, realizându-se mult mai ieftin în raport cu performanțele acestora față de cazul lui Voyager. Programul „Pluto Fast Flyby Mission"[44], planificat pentru lansare în februarie 1999, se bazează pe realizarea

unei navete spațiale de 110 kilograme (220 pound). Acestei navete spațiale, în valoare de 400 milioane dolari, îi vor trebui cât i-au trebuit navetei Voyager pentru a ajunge pe Neptun. Trecând de Pluto, naveta spațială va avea o viteză de circa 20 km/s (circa $0,6 \times 10^{-4}$c), ceea ce înseamnă că ea va străbate o distanță de 5 ani-lumină – mărimea distanței dintre stelele din vecinătatea sistemului nostru solar – în 80.000 ani. Cea mai apropiată stea, Proxima Centauri, se află la o distanță de 4,3 ani-lumină. Proxima Centauri este o componentă a unui sistem de stea triplă (trei stele legate una de cealaltă prin gravitația lor reciprocă) și, deci, este puțin probabil să conțină planete ca Pământul. Totuși, sistemul stelar posedă probabil resturi sub formă de asteroizi rămași de la formarea sa. Celelalte două stele singulare cele mai apropiate care au o putere de ieșire comparabilă cu cea a Soarelui sunt Tau Ceti (11,3 ani-lumină depărtare) și Epsilon Eridani (10,7 ani-lumină depărtare). Sonda Pluto, îndreptată către Proxima Centauri, ar avea nevoie de 70.000 de ani pentru a o atinge. Deci, dacă am putea realiza instrumentație care să poată rezista câteva zeci de mii de ani și dacă am fi foarte, *foarte* răbdători, am putea chiar astăzi să lansăm o sondă interstelară.

Dar cu tehnologia modernă a calculatoarelor putem face acest lucru mult mai bine. Șmecheria constă în a realiza instrumentație *foarte* mică, folosind nanotehnologia[45], pentru a-l face pe fiecare atom să fie util în cadrul navetei spațiale. (*Nanotehnologie* înseamnă tehnologie la scara atomilor individuali, care sunt de ordinul nanometrilor, ca dimensiune. O astfel de tehnologie știm că este fezabilă și, de fapt, pentru dezvoltarea acestei tehnologii sunt cheltuite în mod curent câteva sute de milioane de dolari de către firme particulare.) Să presupunem pentru început că avem de-a face cu o navetă spațială de 100 grame – la un moment dat voi arăta că această masă este în realitate uriașă pentru o navetă în care

este utilizat fiecare atom. Dar o navetă spațială de 100 g este minusculă din punctul de vedere al sistemelor de propulsie. O atât de mică navetă spațială este ușor de proiectat să călătorească cu o viteză de 90% din viteza limită din univers, viteza luminii. La această viteză, sonda ar acoperi distanța până la Proxima Centauri în doar 5 ani, iar distanța până la Tau Ceti sau Epsilon Eridani, în circa 12 ani. Cum semnalele radio se propagă cu viteza luminii, noi am putea recepționa informații despre Proxima Centauri în doar nouă ani de la lansare, mai puțin decât am avut de așteptat de la Voyager despre Neptun. La o viteză de 0,9c, sondele interstelare devin plauzibile.

Problema utilizării rachetelor pentru accelerarea navetelor spațiale la viteze foarte mari apare din faptul că și racheta cu combustibil trebuie accelerată. Astfel, în cazul rachetelor, greutatea cea mai mare din naveta spațială o constituie racheta cu combustibil. Soluția este clară: motorul de propulsie al navetei spațiale nu trebuie să fie parte a navetei. Este știut faptul că lumina însăși exercită presiune și, deci, o navetă spațială poate fi propulsată de lumina care se reflectă de navetă. De fapt, NASA a plănuit inițial să trimită doar o astfel de sondă către cometa Halley în perioada celei mai mici apropieri de Soare în 1986, dar s-a renunțat la această misiune datorită banilor. În cazul programului „Comet Halley Mission", Soarele urma să constituie sursa de lumină. Totuși, Soarele produce o energie insuficientă pentru a accelera o navetă până la viteze de 0,9c, deci pentru sonde interstelare este nevoie de o stație laser de mare putere care să furnizeze lumina necesară.

Utilizarea laserului pentru accelerarea sondei spațiale poate folosi și la coborârea lentă a acesteia când se atinge steaua țintă. Fizicianul Robert Forward[46] a rezolvat această problemă. El a sugerat faptul ca naveta spațială care reflectă radiația laser să fie formată din două părți care se

separă la atingerea stelei țintă. O parte reflectă radiația laser spre *înapoi,* către cealaltă (care conține partea utilă propriu-zisă), reducând viteza acesteia. Propunerea lui Forward se poate modifica, obținându-se pentru o sondă interstelară următoarele calcule. Voi presupune o navetă spațială interstelară de 100 grame, iar masa totală, care include ambele secțiuni ale navetei, de 1 kilogram. Întregul ansamblu ar fi sub forma unui hexagon de 8 kilometri diametru, iar partea centrală a acestui hexagon ar fi un alt hexagon de 3 kilometri diametru. Partea exterioară a hexagonului ar fi partea care decelerează hexagonul mai mic, când se atinge steaua țintă.

Folosind un laser de 250 gigawatt (250 milioane de kilowatt) pentru a accelera sonda, acesta ar conduce la o accelerație medie de opt accelerații gravitaționale, sonda ajungând la o viteză de 0,9c în circa o lună și jumătate. Planurile inginerești în detaliu ale unui laser de 10 gigawatt există – astfel de lasere au funcționat prin 1980 ca părți ale „President Reagan's Strategic Defense Inițiative" – și, deci, un laser de 250 gigawatt ar fi tehnic fezabil. Ar mai fi nevoie de o lentilă Fresnel uriașă, de un miliard de kilometri diametru pentru a focaliza radiația într-un spot de lumină mai mic decât mărimea hexagonului mare la 4,3 ani-lumină, distanța pentru Proxima Centauri. Deși această lentilă are o mărime uriașă (mai mare decât diametrul Soarelui), ea ar putea consta dintr-o plasă fină în jurul Soarelui și, astfel, întreaga lentilă ar avea o masă totală de doar 2 trilioane tone, cât este un asteroid de dimensiuni reduse. (Deplasarea Doppler la viteza 0,9c este de circa 4, deci decelerarea pe steaua țintă ar fi cu puțin sub opt accelerații gravitaționale, fără a folosi un laser mai puternic.) Puterea unui astfel de laser ar impune o arie de celule solare de circa 40 kilometri pătrați; evident, laserul și sursa sa de putere ar fi pe o orbită în jurul Soarelui, exact ca și lentila.

Dacă despre întreaga sondă spațială ce ar trebui construită în spațiu, de către o bază de producție din spațiu

bine dezvoltată, ştim acum câte ceva, este mai greu să fim preciși în legătură cu costurile acestei sonde. Cu toate acestea, costul sondelor va fi aproximativ egal cu costul materialului de construcție, deoarece sondele von Neumann se pot autoreproduce – ele sunt constructori universali – iar costurile cu cercetarea şi dezvoltarea ar fi mici, deoarece maşinile inteligente autoreproductive au fost dezvoltate inițial pentru alte scopuri.[47] Ştim că pentru o centrală nucleară cu o putere de 1 gigawatt costurile se ridică la circa 1 miliard de dolari (în 1993). Lentila trebuie făcută din metal, dar există asteroizi cu mult fier-nichel de dimensiunea necesară. Să zicem că un astfel de asteroid ar costa 10 miliarde de dolari. Dacă prețul întregii sonde este dat aproximativ de costul acestui asteroid şi se consideră costul de azi al unei centrale nucleare cu o putere suficientă pentru a alimenta laserul, atunci costul unei sonde interstelare cu o viteză de 0,9c ar fi de 260 miliarde dolari, deci de 5 ori mai mult decât costul programului Apollo şi doar jumătate din costul propus pentru misiunea spre Marte. Astfel, costul unei sonde interstelare cu o durată acceptabilă este rezonabil în comparație cu cea a misiunilor interplanetare actuale.

Acest lucru este adevărat dacă partea utilă a unei sonde von Neumann cântăreşte numai 100 grame. Aşa cum am spus mai sus, o asemenea încărcătură minusculă impune faptul ca fiecare atom al sondei să fie utilizat. Drexler a furnizat un studiu detaliat[48] despre cum poate fi utilizată nanotehnologia, astfel încât un echipament să utilizeze fiecare atom. El concluzionează că maşinile capabile de construcție universală sunt fezabile folosind mai puțin de câteva miliarde de atomi – acestea sunt constructori universali de dimensiuni moleculare. În plus, este posibil a stoca, în principiu[49], circa 1 bit pe atom într-o aranjare extinsă. Fizicienii[50] de la NEC – Japonia au descoperit deja modul de codare al unui bit pe 20 atomi. O sută de grame de materie conține circa 10^{24} atomi, dacă materialul este un element mai

uşor decât fierul, deci este posibil să se stocheze circa 10^{24} biţi de informaţie într-o astfel de probă şi să fie echipată cu suficiente dispozitive pentru a o face capabilă de autoreproducere, folosind materialele disponibile pe steaua ţintă. Pentru a avea o idee despre ceea ce poate fi codificat cu 10 biţi de informaţie, să ne amintim că în capitolul precedent am arătat că o fiinţă inteligentă de nivel uman poate fi simulată cu 10^{15} biţi. Presupunând că o simulare a biosuportului unei astfel de fiinţe necesită de 100.000 ori mai multă memorie, o simulare a unui om cu un biosuport ar necesita 10^{20} biţi. Deci, această sondă de 100 grame ar putea satisface simularea unui oraş întreg de 10.000 de oameni! (O altă ispravă fundamentală realizată de constructorii universali este aceea de reconfigurare a navetei în timpul deplasării, reducând aria secţiunii transversale a sondei. La viteze de 0,9c, efectul unei ciocniri cu o particulă de praf poate fi extrem de serios. La această viteză, chiar ciocnirile cu molecule de gaz din mediul interstelar ar răsturna naveta.[51])

În discuţiile timpurii despre călătoriile interstelare, unul dintre principalele motive pentru atingerea vitezelor apropiate de viteza luminii este acela de a utiliza aşa-numita „dilatare a timpului", şi anume faptul că timpul se micşorează în cazul obiectelor care se deplasează cu viteze apropiate de viteza luminii. Pentru o navetă spaţială care se deplasează cu 0,9c, timpul ar trece mai încet cu puţin de jumătate faţă de cineva rămas pe Pământ. Dacă o astfel de navetă spaţială ar călători spre Proxima Centauri şi s-ar întoarce pe Pământ cu această viteză, pe Pământ ar trece 9,6 ani, în timp ce pentru oamenii de pe naveta spaţială, doar 4,2 ani. Această motivaţie a vitezelor apropiate de viteza luminii dispare atunci când oamenii călătoresc ca simple emulaţii la cel mai scăzut nivel de implementare: simularea poate fi efectuată la orice viteză se doreşte în raport cu timpul universal. Simularea poate fi efectuată mai încet decât se desfăşoară viaţa pe Pământ, astfel încât pentru

oamenii emulați pe naveta spațială, călătoria ar dura doar câteva ore sau câteva zile.

În aceste zile de deficite bugetare ale guvernului, suma de 250 miliarde de dolari pare imposibil de adunat. Cu toate acestea, costurile materialelor în raport cu veniturile au scăzut exponențial cu o constantă de timp de 50 ani, în ultimii 150 ani. Aceasta înseamnă că în prezent o persoană medie este de circa 20 de ori mai bogată decât o persoană medie de acum 150 de ani în urmă. Dacă această tendință continuă în următorii patru sute de ani, sonda de 250 miliarde dolari ar echivala atunci cu 80 milioane dolari de astăzi. În prezent, există în lume câteva sute de oameni al căror câştig net este mai mare decât 80 milioane dolari, deci eu presupun că o sondă interstelară va fi lansată în următoarele câteva secole.

De asemenea, costurile estimate se vor diminua. Când mi-am început cercetările privind călătoria intestelară, prin 1970, cel mai amănunțit proiect era „Project Daedalus" din 1978, studiu elaborat de „British Interplanetary Society". O sondă von Neumann folosind motor Daedalus (o rachetă nucleară care se deplasează prin azvârlirea bombelor nucleare în spate şi apoi abandonându-le) ar călători între stele cu o viteză de numai 0,16c şi ar costa 200 *mii de miliarde* dolari, numai costul combustibilului. O sondă von Neumann, utilizând nanotehnologia şi mecanismul cu laser Forward pentru a reduce greutatea sa, ar călători de şase ori mai repede şi ar costa de o mie de ori mai puțin. Nanotehnologia şi sistemul de propulsie cu laser sunt idei noi, datând din anii 1980. Anii 1990 ar trebui să aducă mai multe idei de reducere a prețului.

O idee nouă din anii 1980 pentru propulsia rachetei, idee combinată cu nanotehnologia, poate deveni suficient de ieftină. Cheia propulsiei rachetei este aceea de a avea suficientă energie prin degajarea gazelor. Acum, cea mai mare sursă de energie disponibilă este chiar masa, aşa cum ştie

oricine, din faimoasa formulă a lui Einstein, $E = mc^2$. Reacțiile chimice sunt ineficiente: energia realizată prin explozia unei megatone de TNT este echivalentă cu cea a unei mase de numai 50 grame. Chiar reacțiile nucleare convertesc în energie mai puțin de 1% din masa inițială. În reacțiile de anihilare materie-antimaterie, *toată* masa este convertită în energie. Astfel, racheta de ultimă generație va utiliza drept sursă de energie reacția de anihilare materie-antimaterie.

Antimateria este încă puțin exotică, prin urmare un scurt rezumat al proprietăților sale este binevenit. Conform unei legi din fizică, întreaga materie apare sub două forme: particule și antiparticule. O antiparticulă este exact ca și particula corespunzătoare, doar că are sarcina electrică de semn opus. De exemplu, electronul are o sarcină negativă, deci, antiparticula sa – pozitronul – are o sarcină pozitivă, în rest fiind exact ca electronul. Protonul are o sarcină pozitivă și, deci, antiprotonul are o sarcină negativă. Exact cum un proton se combină cu un electron pentru a da un atom de hidrogen neutru din punct de vedere electric, tot așa un antiproton se poate combina cu un pozitron pentru a da un antiatom de antihidrogen neutru electric. În principiu, se pot obține antiatomi de orice fel, totuși în realitate a fost obținut în laborator doar antiheliu. Cu mai mult efort putem realiza anticarbonul, antifierul și așa mai departe.

Antimateria este greu de stocat, deoarece dacă o particulă vine în contact cu antiparticula sa, aceasta se anihilează reciproc într-o explozie de radiație. Dacă un antihidrogen era realizat în aer, pozitronii ar fi atrași electric către electronii atomilor din aer, iar electronii și pozitronii s-ar anihila. Antiprotonii ar fi atrași electric de protonii atomilor din aer și s-ar anihila. Cu toate acestea, noi știm tehnologia de producere și stocare de cantități mari de antimaterie. Au fost deja produse miliarde de antiprotoni în laboratorul CERN din Geneva, Elveția, și au fost stocați luni de zile în capcane ionice. La ora actuală, antiprotonii pot fi

achiziționați în mod curent; prețul este de circa un dolar pe miliard[52]. Au fost realizate proiectele[53] unor fabrici care pot produce miligrame de antihidrogen pe an, la un preț de cost de sub un milion dolari pe miligram[54], îndată ce se ajunge la producție pe scară industrială.

Forward[55] a propus utilizarea hidrogenului obișnuit pentru rachete, prin încălzirea acestui hidrogen cu o mică doză de antihidrogen. O astfel de rachetă cu o masă de 100 grame ar necesita doar 1,6 kilograme de hidrogen lichid pentru evacuare și 3,6 mg antihidrogen pentru sursa de energie, presupunând că racheta este accelerată până la 0,1c, navigând cu această viteză către sistemul solar țintă și apoi decelerată până la anularea vitezei, imediat ce ținta a fost atinsă. Presupunând ca mai înainte că prețul sondei ar fi în esență de ordinul costului materialelor de construcție, costul total al sondei ar fi de numai circa 4 milioane dolari, procentul cel mai mare fiind pentru hidrogen. La acest preț există cel puțin un milion de oameni pe Pământ care ar fi dispuși să plătească. Iar cumpărătorul poate ține sonda von Neumann într-o singură palmă! În prezent există studii teoretice amănunțite cu privire la racheta cu antimaterie a lui Forward, iar câteva laboratoare au anunțat că sunt pregătite să înceapă experimentările pentru realizarea motorului. Noi am putea lansa o sondă interstelară de 0,1c la sfârșitul deceniului, dacă am avea tehnologia de calculatoare necesară, și anume constructorul universal de dimensiuni moleculare și calculatoare de dimensiuni atomice. Dată fiind viteza de dezvoltare a nanotehnologiei, mă aștept ca tehnologia de calculatoare necesară să existe în realitate, imediat ce vom avea un calculator capabil să îndeplinească testul Turing. Așa cum am arătat anterior, așa ceva poate să apară prin anul 2030. O sondă von Neumann ar putea fi lansată către mijlocul secolului următor.

O sondă von Neumann, odată lansată, va avea nevoie doar de cinci până la zece ani pentru a străbate

distanța dintre stele. Acum, problema este cât timp îi va lua sondei pentru realizarea unei cópii identice? Dacă am compara sonda von Neumann cu autoreproducerea mașinilor din experiența noastră curentă, atunci ar fi nevoie între 20 și 30 de ani pentru autoreproducerea unei mașini. Dacă am compara sonda von Neumann cu o întreagă civilizație tehnică, atunci este nevoie de circa trei sute de ani pentru a întemeia Statele Unite într-o națiune industrială. Cea mai mare parte a timpului era necesară pentru dezvoltarea cunoștințelor tehnice necesare, nu a mașinilor în sine. Având cunoștințele necesare, Japonia și Germania refac industriile lor într-un singur deceniu, după cel de Al Doilea Război Mondial, necesitând doar niște investiții minore din exterior. Fizicianul Gerard O'Neill[56] apreciază că aceste colonii spațiale pot să își fie suficiente lor însele și gata de a realiza mai multe colonii spațiale în mai puțin de un secol. Astfel, voi face presupunerea decentă că o sondă von Neumann va începe să își construiască cópii ale sale până în 50 ani de la atingerea sistemului stelar țintă. Dacă aceste cópii se trimit către toate stelele în 10 ani-lumină, colonizarea galaxiei s-ar putea desfășura cu o viteză de 10 ani-lumină pe 60 ani, sau de 1/6 de an-lumină pe an. Cum galaxia are un diametru de circa 100.000 ani-lumină, colonizarea galaxiei Calea Lactee s-ar realiza în circa 600.000 ani. O astfel de colonizare ar putea începe pe la mijlocul secolului următor.[57]

O specie călătoare prin spațiu poate înghiți și controla în cele din urmă întregul univers

Cea mai apropiată mare galaxie, Andromeda, se află la 2,7 milioane ani-lumină depărtare, deci biosfera o poate înghiți în circa 3 milioane de ani, utilizând doar sonda cu 0,9c descrisă în secțiunea anterioară. Cel mai apropiat

cluster mare de galaxii, Virgo, se află la 60 milioane ani-lumină depărtare, deci biosfera o poate înghiți în circa 70 milioane de ani. În ambele cazuri, timpul de reproducere este mic comparativ cu timpul călătoriei, chiar la 0,9c, deci acesta poate fi neglijat.

Pentru galaxiile mai îndepărtate decât aceasta, este necesar să se ia în considerație expansiunea universului, atunci când se calculează viteza navetei spațiale. Legea lui Hubble spune că cu cât o galaxie este mai îndepărtată de Pământ cu atât viteza cu care se îndepărtează de noi este mai mare. Prin urmare, o navetă spațială lansată cu o anumită viteză relativă dată față de Pământ va avea o viteză relativă mai mică față de o galaxie îndepărtată, când ea atinge în final acea galaxie. În *Anexa pentru oamenii de știință* de la sfârșitul cărții se arată că raportul dintre impulsul navetei de pe Pământ și cel de pe galaxia îndepărtată este egal cu raportul dintre raza universului în momentul când naveta atinge galaxia și raza actuală a universului. Voi arăta în capitolul 4 că ultimul raport este de cel mult 300.000, când universul este la dimensiunea sa maximă (acest raport poate fi și 3.000). Limita superioară 300.000 presupune că, pentru traversarea universului până la capătul său opus cu viteza de 0,9c, în timpul maximei expansiuni (o viteză de 0,9c înseamnă că energia sa totală este egală cu circa de două ori masa sa), trebuie să furnizăm navetei o energie inițială egală cu de 600.000 ori masa sa. În *Anexa pentru oamenii de știință* arăt că o astfel de navetă spațială este perfect realizabilă tehnic, dacă se utilizează racheta pe baza anihilării materie-antimaterie. Cu o navetă de 100 grame, racheta ar avea o masă inițială totală de zece miliarde tone. O astfel de cantitate de antimaterie nu va fi deloc ieftină. La un preț de un milion de dolari miligramul, un miliard de tone ar costa 10 trilioane de trilioane dolari, adică de circa un miliard de ori mai mult decât GNP-ul curent al întregii lumi. Trimițând o sondă din galaxia noastră către celălalt capăt al univer-

sului, acest lucru ar necesita resursele întregului sistem stelar. Dar poate fi făcut.

O altă strategie, mai bună, ar fi de a trimite mai curând o sondă dintr-o galaxie către următoarea, decât să încercăm a ajunge direct către celălalt capăt opus al universului. Cu toate acestea, lucrurile devin din ce în ce mai dificile pe măsură ce universul se amplifică, iar galaxiile se îndepărtează tot mai mult. Tot în Anexă se artă că într-un univers care este de 3×10^3 până la 3×10^5 ori mai mare decât mărimea sa actuală, în momentul maximei sale expansiuni, punctul opus se află la o distanță cuprinsă între 1 şi 10 teraparseci depărtare (un teraparsec este egal cu 10^{12} parsec), iar universul îşi va atinge expansiunea sa maximă între 5×10^{16} şi 5×10^{18} ani de acum înainte (în timp propriu). Conținutul material al universului se va schimba semnificativ în această perioadă, aşa cum rezultă şi din tabelul de mai jos.

EVENIMENTE IMPORTANTE DIN ISTORIA VIITOARE A UNIVERSULUI

EVENIMENT	SCALA TIMPULUI (în ani)
Soarele se măreşte, înghiţind Pământul	7×10^9
Din clusterele de galaxii se „evaporă" galaxii	10^{11}
Stelele încetează să se mai formeze, toate stelele masive devenind fie stele neutronice, fie găuri negre	10^{12}
Stelele cu viaţa cea mai îndelungată îşi consumă întregul combustibil şi devin pitice albe	10^{14}

Planetele moarte se desprind de stelele moarte prin ciocniri stelare	10^{15}
Piticele albe se răcesc la 5 K, devenind pitice negre	10^{17}
Stelele neutronice se răcesc la 100 K	10^{19}

Acest tabel presupune că viața nu interferă cu evoluția materiei. Desigur, în realitate viața interferă. De exemplu, înainte de a lăsa Pământul să se evapore peste 7 miliarde de ani de acum înainte, descendenții noştri vor utiliza întreaga planetă pentru a-i exploata materiile prime. (Dyson a arătat că a separa o planetă este un lucru fezabil, dacă eşti dispus să-ți petreci câteva milioane de ani făcând acest lucru. Lăsând natura să îşi urmeze cursul ei şi să distrugă Pământul, acesta se va nimici pur şi simplu, fără niciun sens. Materialele planetei Pământ pot fi utilizate, în schimb, pentru construirea coloniilor O'Neill, unde viața poate continua. De fapt, ar fi posibilă mai multă viață şi o biosferă mai diversă, dacă Pământul este luat separat, decât dacă ar rămâne întreg, deoarece întreaga viață a planetei poate folosi doar atmosferei şi primilor câțiva kilometri din crusta Pământului. Dacă Pământul ar fi luat separat, atunci *tot* materialul Pământului poate furniza un habitat. Acelaşi argument se aplică evident şi altor planete, chiar şi Soarelui însuşi. Dintr-o perspectivă largă, mai întâi întregul sistem solar, apoi întreaga galaxie, apoi întregul cluster de galaxii Virgo şi în sfârşit întregul univers material va fi transformat în habitat pentru extinderea biosferei.

Să ținem minte că vorbind despre viață nu există alegere: structurile naturale *trebuie* luate separat, dacă vrem să supraviețuiască. Şi eu cred că vor supraviețui.

O rază de lumină trimisă dintr-un punct al Pământului la începuturile universului ar ajunge la capătul opus al universului la momentul expansiunii maxime, deci o navetă

spațială lansată în viitoarele câteva miliarde de ani cu energia calculată mai sus ar ajunge doar cu puțin în urma razei de lumină, exact după ce universul a început să se contracte. Eu trag concluzia că cucerirea întregului univers este tehnic realizabilă, folosind tehnologia pe care ar trebui să o posedăm în următorii 50 ani. O simulare pe calculator a cuceririi întregului univers de către biosferă este redată în fig. 2.3, fig. 2.4 şi fig. 2.5.

Prima imagine, fig. 2.3, reprezintă universul la 10^{16} ani de acum înainte. Universul este de circa trei mii de ori mai mare decât în prezent. La această scară, întregul univers la momentul actual este egal cu dimensiunea perioadei de la sfârşitul acestei faze. Universul este reprezentat ca o sferă bidimensională, Pământul fiind localizat la Polul Nord al sferei. Capătul opus al universului este deci Polul Sud. Cercul negru de pe sferă reprezintă un „flash" de lumină care părăseşte Pământul în 1993. Lumina a atins ecuatorul sferei. Aceasta înseamnă că lumina a fost capabilă să străbată doar jumătatea distanței dintre Pământ şi polul opus în 10^{16} ani, de când a părăsit Pământul. Aria înnegrită de pe sferă reprezintă biosfera. Ea a înghițit circa o treime din univers.

A doua imagine, fig. 2.4, prezintă universul la 10^{17} ani de acum înainte. Universul este încă în expansiune şi a devenit mai mare decât în figura precedentă. Viața a înghițit acum circa trei pătrimi din univers. Lumina care a părăsit Pământul cu 10^{17} ani în urmă nu a ajuns încă la antipod, deşi este mai aproape de acesta. Biosfera în expansiune este uşor în urma luminii.

A treia imagine, fig. 2.5, prezintă universul la 10^{18} ani de acum înainte. Universul este încă în expansiune şi a devenit mai mare decât în figura anterioară, dar de această dată este foarte apropiat de dimensiunea sa maximă. Viața a cotropit circa 90% din întregul univers. Lumina

care a părăsit Pământul cu 10^{18} ani în urmă a atins aproape antipodul.

A patra imagine, fig. 2.6, prezintă universul la 10^{19} ani de acum înainte. Universul a depăşit faza de expansiune maximă, iar acum se contractă. Universul este acum mai mic decât era în figura precedentă. Viaţa a înghiţit acum întregul univers. Totuşi, mai este desenat un cerc negru. Ca şi în figurile anterioare, acest cerc reprezintă lumina care a părăsit Pământul în 1993, dar de această dată lumina a trecut de antipod şi se întoarce înapoi către Pământ.

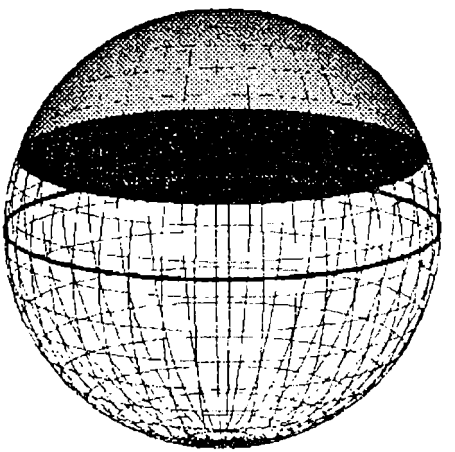


Fig. 2.3. Reprezentarea simulată pe calculator a expansiunii vieţii care cucereşte întregul univers. Această imagine prezintă universul peste 10^{16} ani. Universul este de circa trei mii de ori mai mare decât în prezent. Universul este reprezentat printr-o sferă bidimensională cu Pământul localizat la Polul Nord al sferei. Capătul opus al universului – antipodul – este Polul Sud. Biosfera, reprezentată în această figură ca o înnegrire a reţelei sferice, a înghiţit circa o treime din univers. Cercul negru reprezintă un fascicul de lumină emis de către Pământ în 1993. Această lumină a atins ecuatorul sferei. Aceasta înseamnă că lumina a putut străbate doar jumătate din distanţa dintre Pământ şi antipod în 10^{16} ani de la emisie.

Problema următoare este dacă viața poate dobândi controlul întregului univers, de îndată ce l-a cucerit? Sau, altfel spus, pot descendenții noștri să-l stăpânească, sau doar se vor alinia la start?

Răspunsul este afirmativ, da, într-adevăr, ei pot controla orice mișcare viitoare a întregului univers. Mecanismul pe care ei îl vor utiliza este haosul din ecuațiile care guvernează dinamica universului.

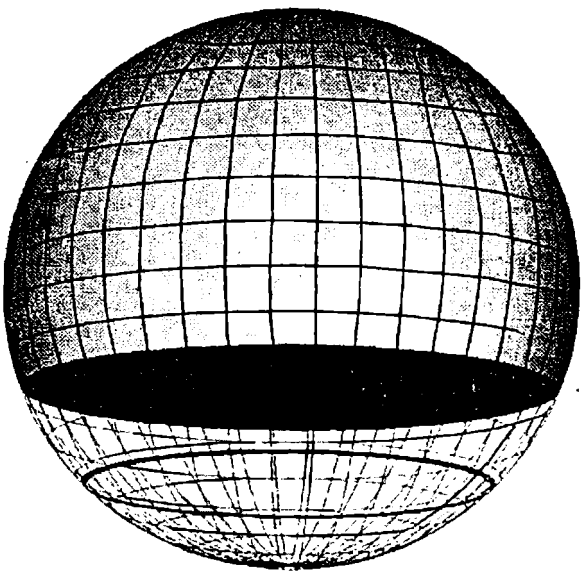


Fig. 2.4. A doua imagine de simulare pe calculator a vieții în expansiune pentru a cuceri întregul univers. Se prezintă universul peste 10^{17} ani. Universul este încă în expansiune și a devenit mai mare decât în figura precedentă. Biosfera, extinzându-se cu o viteză de 90% din viteza luminii, este chiar în spatele fasciculului de lumină care a părăsit Pământul în 1993. Viața a înghițit circa trei pătrimi din univers. Lumina emisă de Pământ cu 10^{17} ani în urmă nu a atins încă antipodul, deși este foarte aproape de acesta.

Există mai multe definiții ale cuvântului „haos" în fizică, dar cea mai importantă este următoarea: „haos înseamnă instabilitate". Adică, dacă în condițiile inițiale ale unui sistem haotic se produce o mică modificare, evoluția viitoare deviază exponențial de la cea prevăzută. Invers, evoluția stabilă ar însemna că, dacă în condițiile inițiale ale sistemului se produce o uşoară modificare, atunci evoluția viitoare a sistemului rămâne practic neschimbată.

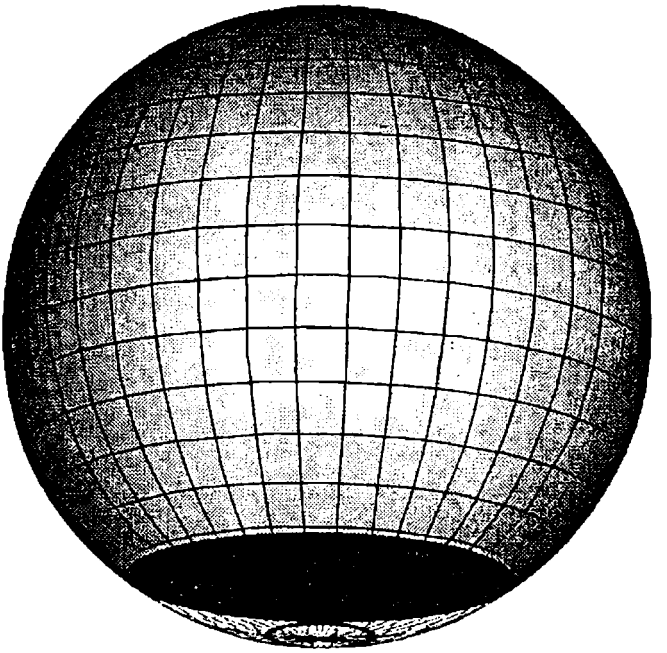


Fig. 2.5. A treia imagine de simulare pe calculator a vieții în expansiune pentru a înghiți întregul univers. Imaginea reprezintă universul peste 10^{18} ani. Universul este încă în expansiune şi a devenit mai mare decât în figura anterioară, dar de această dată este foarte aproape de dimensiunea sa maximă. Viața a cotropit circa 90% din întregul univers. Lumina emisă pe Pământ cu 10^{18} ani în urmă a atins aproape antipodul.

Ca exemplu de mişcare stabilă să presupunem că deplasăm o particulă doi metri la stânga. Atunci, după o secundă, particula se află la un metru de locul unde ar fi trebuit să fie, dacă nu ar fi fost deplasată; după două secunde, particula este la jumătate de metru de locul unde ar fi trebuit să fie, dacă nu ar fi fost deplasată; după trei secunde particula este la un sfert de metru de locul unde ar fi trebuit să fie, dacă n-ar fi fost deplasată; şi aşa mai departe. Astfel, observăm că „stabilitatea" înseamnă o tendinţă pentru valorile exacte ale condiţiilor iniţiale de a fi neimportante.

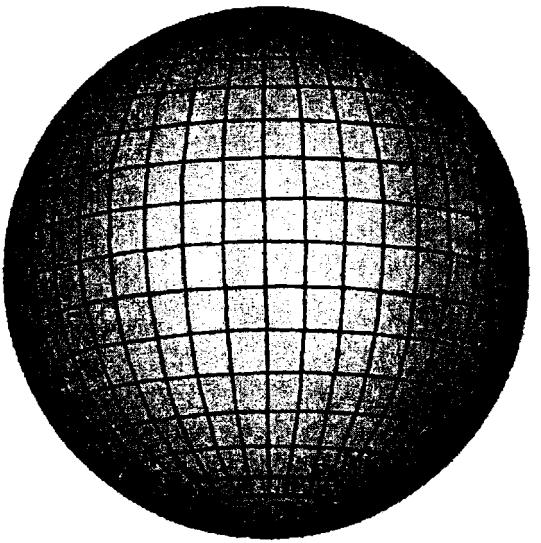


Fig. 2.6. A patra imagine de simulare pe calculator a vieţii în expansiune pentru a înghiţi întregul univers. Imaginea reprezintă universul peste 10^{19} ani. Universul a depăşit expansiunea sa maximă, iar acum se contractă. Universul este acum mai mic decât era în imaginea anterioară. Viaţa a înghiţit acum tot universul. Cercul negru mai este desenat. Ca şi în figurile precedente, acest cerc reprezintă lumina care a fost emisă de Pământ în 1993, dar acum lumina a trecut de antipod şi se întoarce înapoi către Pământ.

Sistemul şi-a fixat în mintea sa, să zicem aşa, ceea ce are de făcut şi şi-a determinat deplasarea către acel loc, indiferent ce-i facem noi. Putem să determinăm un astfel de sistem să meargă în altă parte, dar aceasta ar însemna o enormă cantitate de energie consumată. Pentru a face ca această particulă să fie un metru la stânga după 60 secunde, ar trebui să-i deplasăm poziţia iniţială cu o sută ani-lumină către stânga.

Ca un exemplu de mişcare haotică instabilă să presupunem cazul când deplasăm poziţia iniţială a particulei doi metri la stânga şi după o secundă particula se află la patru metri de locul unde ar fi trebuit să fie, în absenţa deplasării; după două secunde, ea se află la opt metri de locul unde ar fi trebuit să fie, în absenţa deplasării; după trei secunde, ea se află la 16 m de locul unde ar fi trebuit să fie, în absenţa deplasării ş.a.m.d. Abaterea acestui sistem haotic de la poziţia sa neperturbată este 2^t, unde t este timpul, exprimat în secunde. Este clar că după un foarte scurt interval de timp, particula se va localiza extrem de departe faţă de poziţia prevăzută: după 60 de secunde, această particulă ipotetică este la o sută de *ani-lumină* depărtare faţă de locul prezis în absenţa perturbaţiei. (Evident, aceasta este doar un exemplu ipotetic, deoarece *nimic* nu se poate deplasa cu o viteză mai mare decât cea a luminii). Este foarte uşor de făcut un astfel de sistem instabil haotic care să meargă unde vrem noi şi necesită o cheltuială foarte mică de energie. Pentru a face ca această particulă ipotetică să fie la un metru în stânga după 60 secunde, noi ar trebui să-l deplasăm la stânga cu o mică fracţiune din dimensiunea unui atom.

La cele mai mari scale, gravitaţia este cea mai importantă forţă, iar sistemele macroscopice de particule guvernate de gravitaţie sunt în marea lor majoritate haotice. Cel mai bun exemplu îl constituie propriul nostru sistem solar. Atracţia gravitaţională dintre Pământ şi celelalte

planete face ca localizarea Pământului pe orbita sa să fie haotică. Adică, forma şi dimensiunea orbitei Pământului nu se modifică foarte mult, dar poziția exactă a Pământului pe orbita sa este foarte instabilă: aceasta variază cu 2^t, exact ca în exemplul cu particula ipotetică de mai sus, doar că în acest caz t reprezintă timpul exprimat în multipli de 3,5 milioane ani.[58] Consecințele acestui haos în ceea ce privește orbita Pământului pot fi dramatice.

Să presupunem că un *fluture* se deplasează cu un metru de la o floare la alta. Consecința acestei deplasări singulare efectuate de acest fluture singular este acela de *a deplasa întregul Pământ dintr-o parte a Soarelui către cealaltă parte, în 500 milioane ani.*

Dacă un singur fluture[59] poate deplasa Pământul dintr-o parte a orbitei sale în cealaltă parte în 500 milioane ani, atunci nu este deloc imposibil ca descendenții noştri, îndată ce au cucerit întregul univers, să poată controla evoluția întregului univers la scări de timp de 10^{16} ani.

Asemeni fluturelui şi Pământului, descendenții noştri nu vor fi capabili să controleze toate aspectele deplasării viitoare a universului. Exact cum fluturele nu poate modifica forma şi dimensiunea orbitei Pământului, tot aşa şi descendenții noştri nu pot modifica faptul că universul, atingându-şi dimensiunea sa maximă şi începând apoi să colapseze, va colapsa până la dimensiunea zero, în circa 10^{18} ani din timpul propriu. Ceea ce pot face descendenții noştri, totuşi, este să modifice *modul* în care să colapseze universul. Universul poate colapsa mai rapid după unele direcții decât după altele, iar colegul meu John Barrow[60] a demonstrat că viteza de colapsare a universului după diferite direcții *este* haotică. În particular, viața din viitorul îndepărtat poate forța uşor universul să colapseze extrem de rapid după două direcții şi să rămână la aceeaşi dimensiune după o a treia direcție. Ei pot face acest lucru şi *trebuie* să-l facă.

Ei trebuie să forțeze universul să se deplaseze în acest fel, deoarece numai în acest mod viața din viitorul îndepărtat va avea suficientă energie pentru a supraviețui. Pentru a înțelege această sursă de energie a viitorului, gândiți-vă la sursa de energie folosită astăzi de biosferă. Această sursă este Soarele, iar Soarele constituie o posibilă sursă de energie numai datorită faptului că este întâmplător mai fierbinte decât spațiul interstelar. Biosfera există, deoarece plantele verzi iau energie de la un spot fierbinte de pe cer (Soarele) și eliberează restul de căldură în spațiul interstelar. În realitate, atmosfera eliberează aceasta pentru plante, dar să nu ne îngrijorăm despre această tehnică. Punctul cheie este acela că activitatea biologică este posibilă pe Pământ, deoarece energia este luată de la o sursă de temperatură înaltă și eliberată într-un loc de temperatură joasă.

Să discutăm acum colapsarea universului. Noi știm că, pe măsură ce gazul se dilată, el devine mai rece și, pe măsură ce se contractă, el devine mai cald. Acesta funcționează, iată, ca și frigiderul. Gazul este făcut să se dilate într-o bobină de răcire, el devenind astfel mai rece decât aerul din frigider. Căldura trece astfel din aer către gazul mai rece din bobină. Acest gaz încălzit din bobină este apoi scos în afara frigiderului unde este comprimat, devenind mai cald, iar căldura trece astfel către aerul din exteriorul frigiderului. În univers, radiația acționează exact ca și gazul dintr-un frigider. Acesta se răcește pe măsură ce universul se dilată și devine mai cald atunci când universul începe să se contracte.

Cu toate acestea, dacă universul rămâne la aceeași dimensiune după o direcție, în timp ce se contractă după celelalte două direcții, radiația de pe aceste din urmă direcții va deveni mai caldă decât de pe direcția staționară. Aceasta înseamnă că direcțiile de contracție vor reprezenta spoturile

fierbinți de pe cer, iar cealaltă direcție va fi un spot rece. Această diferență de temperatură dintre direcții diferite va alimenta viața în viitorul îndepărtat în exact aceeași manieră în care spotul fierbinte de pe cer, numit Soare, alimentează în prezent viața pe Pământ.

Universul va tinde natural să colapseze mai rapid după o direcție decât după alta. Dar aproape întotdeauna această tendință naturală va fi reglată anterior de faptul dacă diferența de temperatură este suficient de mare pentru viață, asigurându-i suficientă energie. Dar dacă viața utilizează haosul după vitezele de colapsare direcționale, calculele amănunțite (*v.* Anexa) arată că viața *poate* avea energie suficientă. Deci, așa cum am spus, viața *trebuie* să forțeze universul să se deplaseze în această manieră neobișnuită.

În plus, viața trebuie să înghită întregul univers, dacă ea urmează să aibă puterea de a forța universul să se deplaseze în această manieră neobișnuită. Să revenim din nou la fluture și Pământ. Cu toate că fluturele *poate* deplasa Pământul, probabil că el nu va putea de fapt, deoarece un alt fluture dintr-o zonă opusă a Pământului poate anula deplasarea produsă de primul fluture, dacă el deplasează Pământul într-o direcție opusă. Efectul haosului va fi cumulativ, numai dacă fluturii acționează împreună, ceea ce de fapt nu se întâmplă. În cazul universului, acesta se va deplasa într-o direcție corectă, numai dacă ființele vii individuale acționează împreună oriunde în cosmos. Dacă viața a înghițit universul și dacă universul este încă aproximativ omogen după ce a atins expansiunea sa maximă, atunci este foarte posibil că ființele vii vor acționa împreună, într-o manieră corectă, oriunde dincolo de univers, chiar dacă totuși ele nu pot comunica, atunci când încep să acționeze. (Să ne amintim că lumina va putea străbate distanța de la Pământ la antipod numai o singură dată, înainte ca universul să înceapă colapsarea, deci nu va fi timp pentru ca lumina să se

întoarcă, înainte ca viața să își înceapă acțiunea.) Motivul pentru care viața va acționa probabil coerent este că, dacă universul este mai mult sau mai puțin omogen, atunci universul va începe să colapseze cu viteze diferite după direcții diferite, dar aceste direcții diferite vor fi pretutindeni aceleași. Aceasta înseamnă că spoturile fierbinți vor fi în aceeași direcție, indiferent unde este viață în univers. Astfel, pretutindeni viața va încerca să sporească temperatura pe aceeași direcție și, deci, viața va acționa automat coerent. Altfel spus, viața va deplasa universul.

Voi continua această poveste despre cum va acționa viața în faza colapsării universului în capitolul 4, dar mai întâi dați-mi voie să arăt ce se poate întâmpla dacă viața nu acționează coerent. În acest caz, există două destine groaznice pentru viață: Eterna Reîntoarcere și Moartea Termică.

progrese realizate împotriva eternei reîntoarceri şi a morţii termice

Teoria Punctului Omega se bazează pe Postulatul Vieţii Veşnice. În capitolul 4 voi enunţa acest postulat sub forma a trei condiţii care trebuie să fie adevărate numai dacă acceptăm faptul că viaţa continuă la nesfârşit. Aceste condiţii constituie în fond echivalentul afirmaţiei conform căreia *progresul* va continua la nesfârşit, efectiv la infinit, din toate punctele de vedere. Am arătat deja în capitolul 2 că, pentru a supravieţui, viaţa trebuie să treacă dincolo de Pământ. Acest fapt presupune progres şi anume progresul tehnologiei. Fără progres, exterminarea completă şi totală a întregii vieţi este inevitabilă. Cu toate că acest lucru a fost apreciat (cel puţin de fizicieni) încă de la mijlocul secolului al XIX-lea, totuşi progresul nu a fost privit întotdeauna ca fiind ceva inevitabil sau chiar folositor şi bun. Există două doctrine principale filosofice şi ştiinţifice care s-au opus ideii de progres: *Eterna Reîntoarcere* şi *Moartea Termică.*

Eterna Reîntoarcere afirmă că toate evenimentele din natură se repetă identic, în detaliu, din nou şi din nou. În particular, într-un viitor, o copie identică a ta, cititorule, va citi o copie exactă a acestei cărţi, din nou. Iar acest lucra se va repeta din nou, şi din nou, la nesfârşit. Există doar un

număr limitat de posibilități care se vor repeta la infinit. Deci, nu poate fi vorba de niciun progres. Toate măsurile progresului pot evolua o vreme, dar apoi ele vor cunoaşte declinul, până ce universul revine la starea sa inițială primitivă, iar progresul se repetă din nou.

Până nu demult s-a crezut că Eterna Reîntoarcere era o consecință a fizicii. Atât mecanica clasică newtoniană, cât şi mecanica cuantică nerelativistă au într-adevăr drept consecințe „teoreme de recurență": adică, se poate demonstra că sistemele permanent finite şi care se supun legilor mecanicii clasice şi ale mecanicii cuantice nerelativiste trebuie să revină din nou şi din nou la o stare anterioară. Cu toate acestea, voi sublinia în acest capitol – şi voi demonstra riguros în Anexă – că legile relativității *generalizate* şi ale gravitației cuantice nu vor permite universului să fie permanent finit. De asemenea, voi arăta tot în acest capitol că Eterna Reîntoarcere este o idee foarte veche, dar cu toate acestea ea a avut consecințe extrem de negative în secolul al XX-lea.

Moartea Termică reprezintă o invenție a fizicii secolului al XIX-lea. Potrivit Principiului al Doilea al Termodinamicii, mărimea numită entropie – mărimea fizică a măsurii dezordinii dintr-un sistem – creşte întotdeauna sau rămâne aceeaşi. Ea nu descreşte niciodată. Astfel, dacă mărimea entropiei care poate fi generată în univers este finită, atunci trebuie să vină o vreme începând cu care nu mai este cu putință nicio altă schimbare. Dacă există o diferență de temperatură între oricare două părți ale universului, atunci ar fi posibil ca entropia să mai crească puțin, până când starea finală de entropie maximă ar institui o stare de temperatură constantă a universului. Într-o astfel de situație, toată energia din univers este sub formă de *căldură;* nu există o altă energie liberă disponibilă. Astfel, întreaga viață trebuie să înceteze şi niciodată să nu mai apară din nou, pentru tot restul timpului. Din acest motiv, această

stare de temperatură uniformă, de entropie constantă, fără energie liberă, se numeşte *Moarte Termică.* Această stare finală a universului extrem de antipatică a fost prezisă pentru prima dată de către marele fizician german Hermann von Helmholtz[1], într-un articol publicat în 1854.

Moartea Termică în fizica secolului al XIX-lea

Moartea Termică la care s-au gândit mulţi fizicieni din secolul al XIX-lea era sugerată de Principiul al Doilea al Termodinamicii şi a îngrozit pe cei care credeau în progresul perpetuu. Charles Darwin a crezut iniţial că teoria sa evoluţionistă pe baza selecţiei naturale sugera un astfel de progres. Aşa cum s-a exprimat în paginile finale din *Originea speciilor:*

> Deoarece toate formele de viaţă sunt descendenţii celor care au trăit cu mult înainte de epoca siluriană, putem crede cu certitudine că succesiunea normală prin generaţii nu a fost niciodată întreruptă şi că niciun cataclism nu a pustiit lumea întreagă. *De aceea,* noi putem privi cu o oarecare încredere către un viitor sigur care va dura indefinit de mult. Şi, deoarece selecţia naturală acţionează numai prin şi pentru fiecare fiinţă, toate înzestrările corporale şi mentale vor tinde să evolueze către perfecţiune.[2]

O asemenea speranţă în viitor constituie şi concluzia Teoriei Punctului Omega. Darwin avea dreptate, de asemenea, şi în legătură cu trecutul. Acum noi ştim că suntem descendenţii organismelor unicelulare care au evoluat cu peste 3,5 *miliarde* de ani în urmă şi probabil că viaţa a evoluat doar o singură dată pe Pământ (mai exact, este foarte probabil că viaţa a apărut [illegible] i [illegible]ţin de zece ori).[3]

Dar Darwin nu credea că tocmai *Homo sapiens* ar putea realiza progresul. Mai degrabă el ştia că noi am fi înlocuiţi eventual de descendenţii noştri mai evoluaţi:

> Judecând după trecut, puteam deduce că nici măcar o singură specie nu va transmite nealterată copia sa în viitorul îndepărtat.[4]

Din nou, Darwin avea dreptate: dintre toate speciile care au evoluat în istoria Pământului, mai există[5] doar o singură specie dintr-o mie.

Din păcate, pe măsură ce viaţa sa se apropia de sfârşit, optimismul lui Darwin a fost puternic zguduit de perspectiva Morţii Termice despre care el a învăţat ca urmare a disputelor cu fizicienii asupra vârstei Pământului. Aşa cum scrie Darwin în *Autobiografie:*

> [consider că] ... viziunea susţinută acum de majoritatea fizicienilor, şi anume că Soarele cu toate planetele vor deveni prea reci pentru a mai fi în viaţă, fără ca într-adevăr un corp uriaş să ţâşnească din Soare şi să împrospăteze astfel viaţa – crezând ca şi mine că omul, în viitorul îndepărtat, va fi o creatură cu mult mai perfectă decât este acum, reprezintă un gând insuportabil că el şi toate celelalte fiinţe sensibile sunt condamnate la o pieire completă după un progres atât de lent, lung şi continuu.[6]

Implicaţiile acestei inevitabile Morţi Termice asupra progresului şi o viziune optimistă asupra lumii au fost exprimate elocvent de către filosoful englez Bertrand Russel, într-un faimos fragment, scris în 1903.

> O astfel de lume [o schiţă a unei lumi în care Dumnezeu este răuvoitor], ba chiar mai inutilă şi mai lipsită de înţeles, este lumea pe care ştiinţa ne-o prezintă convingerii noastre. În mijlocul unei astfel

de lumi, idealurile noastre trebuie să îşi afle de-acum încolo un adăpost. Că omul este produsul cauzelor care n-au avut nicio presimţire a sfârşitului pe care l-au dobândit; că originea sa, creşterea sa, speranţele şi temerile sale, iubirile şi credinţele sale sunt doar consecinţele grupării accidentale a atomilor; că nici patima, nici eroismul, nici intensitatea gândului şi sentimentului nu pot rezerva individului o viaţă dincolo de mormânt; că toate eforturile generaţiilor, întregul devotament, toată inspiraţia, toată incandescenţa geniului uman, toate sunt destinate stingerii în cadrul morţii uriaşe a sistemului solar şi că întregul templu al împlinirii Omului trebuie să fie îngropat inevitabil sub rămăşiţele unui univers în ruine – toate aceste lucruri sunt încă atât de certe încât nicio filosofie care le respinge nu poate spera să le reziste. Doar pe scheletul acestor adevăruri, doar pe ferma temelie a neîngăduitei disperări se poate construi de acum încolo, fără teamă, vieţuirea sufletului.[7]

Sentimentele lui Russell au avut un puternic ecou în acest secol într-un la fel de celebru fragment dintr-o foarte cunoscută carte despre cosmologie, *Primele trei minute* [ale universului], scrisă de fizicianul Steven Weinberg:

Este aproape incredibil pentru oameni să creadă că avem o relaţie specială cu universul, că viaţa omului nu-i doar un rezultat mai mult sau mai puţin ridicol al unui lanţ de accidente, ajungând înapoi la primele trei minute [ale existenţei universului], dar că am fost creaţi într-un fel încă de la început... Este dificil de înţeles că [întregul Pământ] este doar o mică parte a unui univers copleşitor de ostil. Şi mai dificil de înţeles este faptul că acest univers prezent a evoluat dintr-o condiţie timpurie de nedescris şi prezintă acum un sfârşit către viitor datorită unei răciri nesfârşite sau a unei călduri insuportabile.

> Universul pare într-un fel comprehensibil, dar la fel de lipsit de sens.[8]

Dacă se crede în Moartea Termică, atunci există două soluții care se pot da. Prima este de a o accepta – de a accepta faptul că viața omenească este lipsită de sens într-o perspectivă îndepărtată – şi de a căuta sensul doar pe termen scurt, singura consolare fiind că omul, deşi condamnat la pieire, se prezintă demn în fața acestui destin inevitabil. Cum scrie Weinberg: „Efortul de a înțelege universul este unul dintre foarte puținele lucruri care ridică viața umană cu puțin peste nivelul farsei şi îi conferă ceva din grația tragediei".[9] Pe de altă parte, Russell ne sfătuieşte să luăm în considerare punctul de vedere al termenului scurt:

> Am spus că [previziunea Morții Termice] este deprimantă şi că oamenii vă vor spune cândva că, dacă ei ar fi crezut (aceasta), atunci ei n-ar fi fost în stare să mai trăiască. Să nu credeți aceasta; este o prostie. Nimeni nu se îngrijorează cu adevărat despre ceea ce urmează să se întâmple peste milioane de ani, deci... Prin urmare, deşi este o perspectivă nu tocmai optimistă, aceea de a presupune că viața va dispărea – cel puțin eu presupun că putem spune astfel, cu toate că atunci când privesc la lucrurile pe care le fac oamenii cu viața lor, eu cred că această perspectivă este aproape o consolare – totuşi ea nu este într-atât încât să spunem că viața este mizerabilă. Asta te face pur şi simplu să îți îndrepți atenția către alte lucruri.[10]

Cu toate acestea, Moartea Termică nu rezultă în realitate din Principiul al Doilea al Termodinamicii. Se poate arăta că Moartea Termică apare numai dacă se presupune suplimentar (1) că temperatura universului este limitată inferior departe de zero şi (2) că energia disponibilă este finită. Aşa cum am discutat în capitolul precedent, niciuna

dintre aceste ipoteze suplimentare nu este adevărată, deci din punct de vedere fizic Moartea Termică *nu* este inevitabilă. Este remarcabil faptul că acest lucru a fost conştientizat prin 1914 de către unul dintre cei mai mari experţi francezi în termodinamică din secolul al XIX-lea, Pierre Duhem:

> Concluzia [Morţii Termice] este marcată în mai multe locuri de erori. Mai întâi, aceasta presupune implicit asimilarea universului unei colecţii limitate de obiecte izolate, într-un spaţiu lipsit complet de materie; şi această ipoteză scoate la iveală mai multe îndoieli. Odată admisă această ipoteză, este adevărat că entropia universului va creşte indefinit, dar acest lucru nu impune vreo limită inferioară sau superioară asupra acestei entropii; apoi, nimic nu face ca această creştere să varieze de la minus la plus infinit, de vreme ce timpul însuşi variază tot de la minus infinit la plus infinit; atunci, imposibilităţile chipurile demonstrate cu privire la viaţa veşnică într-un univers ar dispărea.[11]

Acesta este mecanismul de bază pe care îl voi folosi în Teoria Punctului Omega pentru a evita Moartea Termică: am arătat că există o sursă de energie liberă – colapsul diferenţiat al universului – care va permite entropiei şi informaţiei procesate şi înmagazinate să tindă către plus infinit, când se apropie starea finală a universului, Punctul Omega. Când Punctul Omega se apropie, această sursă de energie liberă tinde către infinit. Ar trebui totuşi să remarc cititorului faptul că Duhem a greşit în legătură cu entropia care creşte de la minus infinit la plus infinit. Noi ştim la ora actuală că, de la originea timpului, din singularitatea Big Bang-lui până în prezent, a fost generată doar o parte limitată din entropie, iar majoritatea ei se află încă sub formă de radiaţie cosmică de fond. În plus, se mai ştie că entropia este o măsură a numărului de microstări ale unui sistem fizic

compatibil cu macrostarea observată. Aceasta înseamnă că entropia unui sistem nu poate fi mai mică decât zero.

Din păcate, Duhem a avut un uriaş defect ca om de ştiinţă: el a subscris la filosofia secolului al XIX-lea, numită „pozitivism", care a descurajat credinţa în aplicabilitatea legilor fizicii mult dincolo de ariile unde acestea şi-au găsit anterior aplicarea. Un asemenea om de ştiinţă este incapabil structural de a generaliza rezultatele experienţelor sale şi, deci, incapabil de a conferi în mod real semnificaţie descoperirilor din ştiinţă. Cel mai influent pozitivist al tuturor timpurilor, fizicianul austriac Ernst Mach, a negat pe patul său de moarte existenţa atomilor. Astfel, deloc surprinzător, Duhem neagă faptul că Principiul al Doilea al Termodinamicii se aplică universului ca întreg:

> Deci, aceasta este valabilă cu predicţii pe durate oricât de mari. Noi stăpânim o termodinamică ce reprezintă foarte bine o multitudine de legi experimentale şi ne spune că entropia unui sistem izolat creşte la nesfârşit. Am putea construi fără dificultate o nouă termodinamică ce ar reprezenta, la fel de bine ca şi vechea termodinamică, legile experimentale cunoscute până acum şi ale cărei predicţii ar fi valabile şi în acord cu cele ale vechii termodinamici pentru încă zece mii de ani; ba, mai mult, această nouă termodinamică ne poate spune că entropia universului, după o creştere în timp de 100 milioane ani, va descreşte pentru o nouă perioadă de 100 milioane ani, pentru a creşte din nou, într-un ciclu veşnic.[12]

Da, o astfel de nouă termodinamică ar putea fi construită – şi ar fi perfect inutilă în a prezice ceva. Alegerea de „100 milioane ani" făcută de Duhem era complet arbitrară, cum el singur a recunoscut. La fel de bine se puteau alege 100 mii ani sau 100 miliarde ani. Dar ca fapt istoric, la 30 de ani după ce Duhem a scris că termodinamica nu poate

fi aplicată universului la o scară mai mare decât 10 mii de ani, fizicienii americani Ralph Alpher şi Robert Herman[13] s-au încredinţat că Al Doilea Principiu al Termodinamicii se *aplica* universului ca întreg şi în plus că era valabilă pentru o perioadă de 10 miliarde de ani. Folosind Principiul al Doilea al Termodinamicii, ei au făcut în 1948 una dintre cele mai extraordinare predicţii ale ştiinţei secolului al XX-lea: faptul că radiaţia cosmică de fond a existat cu o temperatură actuală de circa 5 grade pe scara Kelvin. Această radiaţie, descoperită în 1965 (cu o temperatură de 2,7 grade), constituie dovada faptului că universul a început din Big Bang.

În această carte îi voi urma mai curând pe Alpher şi Herman decât pe Duhem: voi presupune că Principiul al Doilea al Termodinamicii se aplică în orice circumstanţă. În particular, voi presupune că aceasta se va aplica pentru orice moment de timp din viitor, inclusiv pentru Punctul Omega: Bazele fizice ale Teoriei Punctului Omega au la bază, în esenţă, Principiul al Doilea al Termodinamicii (motiv pentru care am şi scris-o cu majuscule). Lecţia istoriei este clară: până când un experiment nu demonstrează contrariul, un om de ştiinţă ar trebui să presupună întotdeauna că legile ferm stabilite ale fizicii sunt valabile în toate situaţiile. Aceasta este şi metodologia pe care o voi urma în esenţă de-a lungul acestei cărţi.

Renumiţii fizicieni scoţieni din secolul al XIX-lea, Balfour Stewart şi P.G. Tait au înţeles că o sursă infinită de energie poate face ca viaţa să evite Moartea Termică. În imens de populara lor carte *The Unseen Universe: or Physical Speculations on a Future State,* publicată anonim în 1875 (ei şi-au recunoscut totuşi paternitatea în anul următor[14]), Stewart şi Tait au argumentat faptul că, deşi Principiul al Doilea al Termodinamicii implică faptul că universul material vizibil trebuie să se sfârşească cu necesitate printr-o Moarte Termică, „Principiul Continuităţii" presupune faptul că trebuie să existe o ordine mai înaltă a

realității, un „univers invizibil". Acest univers consta dintr-o ierarhie infinită de niveluri între care exista transfer de energie. Universul material observat este cel mai de jos și, pe măsură ce energia radiantă circulă prin spațiul interstelar, ea este transferată gradat următorului nivel superior. Întreaga ierarhie a nivelurilor, pe care ei au numit-o „Marele Întreg", „... este infinită ca energie și va dura de la eternitate la eternitate".[15]

Din nefericire, punctele de vedere optimiste asupra Morții Termice, ca acelea ale lui Duhem și ale lui Stewart și Tait[16], erau foarte mult în minoritate. Așa cum a evidențiat americanul Stephen Brush[17], istoric al științei, ideea Morții Termice a avut un efect profund negativ asupra ameliorării sfârșitului de secol XIX și începutul secolului XX. Cunoscutele cărți de cosmologie, *The Nature of the Physical World,* de Sir Arthur Eddington[18], și *The Universe Around Us,* de Sir James Jeans[19], ambii astronomi englezi celebri, erau importante în anii 1930, pentru conștientizarea marelui public asupra Morții Termice.

Eterna Reîntoarcere în filosofie, religie și politică

Din punct de vedere istoric, cea mai importantă idee care s-a opus ideii de progres nu a fost Moartea Termică – conform căreia universul degenerează continuu – ci mai degrabă ideea Eternei Reîntoarceri. Potrivit acestei idei, timpul nu este liniar și unidirecțional, ci mai curând ciclic. Dacă acest lucru este adevărat, progresul nelimitat este evident imposibil. Progresul este posibil pentru o perioadă limitată, dar pentru că universul trebuie să revină la stările sale mai timpurii din nou și din nou (aceasta-i semnificația „Eternei Reîntoarceri"), progresul uman trebuie să atingă un

maxim şi apoi să scadă către o stare rudimentară anterioară din nou şi din nou, fără oprire. Spre deosebire de cosmologia Morţii Termice, în cosmologia Eternei Reîntoarceri nu există un punct final al străduinţei omeneşti.

În aparenţă[20], conceptul de Eternă Reîntoarcere a jucat un rol crucial în gândirea cosmologică încă din 6500 î.Hr. Ideile din acea perioadă se bazau pe fenomene accesibile simţului comun, cum ar fi ciclul anotimpurilor, ritmul vieţii omului de la naştere până la moarte, precum şi numeroasele periodicităţi de pe cer, cum ar fi fazele Lunii, mişcarea anuală a Soarelui printre constelaţii şi revenirea aproape periodică a planetelor (planetele erau gândite[21] ca fiind zeităţi) la poziţiile anterioare de pe cer. În aceste condiţii, noţiunea de timp ciclic este mai naturală decât timpul liniar, şi cel care a dominat[22] gândirea popoarelor aşa-zis primitive era timpul ciclic.

Civilizaţiile agrariene timpurii – sumeriană, babiloniană[23], indiană[24], mayană[25], iar în China Shang-Chou[26] – au elaborat noţiunea de timp ciclic. De exemplu, babilonienii îşi reglau timpul lor după periodicitatea planetelor. În viziunea lor, timpul de viaţă al universului, sau Anul Mare, dura circa 424.000 de ani obişnuiţi. Vara acestui An Mare ar fi marcată de conjuncţia tuturor planetelor din constelaţia Cancer şi ar fi însoţită de o conflagraţie universală; iarna s-ar ivi atunci când toate planetele sunt în conjuncţie în Capricorn şi acest lucru ar produce un potop universal. Apoi ciclul se repetă[27], iar următorul ciclu îl repetă în mod exact pe primul. Vechii indieni (hinduşi, budişti, jainişti) au extins această structură fundamentală a unui singur An Mare la o întreagă ierarhie de Ani Mari. De exemplu, o distrugere şi o refacere a formelor individuale şi a creaturilor (dar nu şi a substanţei fundamentale a universului) apar la fiecare *Kalpa*, sau zi a lui Brahma. Fiecare zi a lui Brahma – Dumnezeu – avea o durată de circa 4 miliarde de ani. Chiar elementele, împreună cu toate formele din Natură suferă o disoluţie în Spiritul Pur, care se

reîncarnează apoi el însuşi în materie, în fiecare timp de viaţă a lui Brahma, care durează circa 311 trilioane de ani.[28] Timpul de viaţă a lui Brahma este cel mai lung ciclu din sistemul indian, iar acest ciclu se repetă la nesfârşit.

Dintre vechii greci, stoicii erau cei mai înfocaţi credincioşi în Eterna Reîntoarcere. Ei susţineau că toate obiectele din univers erau strâns legate împreună, într-o ţesătură perfect determinată de acţiuni şi reacţiuni şi că acest determinism conducea la o revenire exactă a *tuturor* evenimentelor. Aceasta înseamnă că niciun eveniment nu este unic şi nu apare o singură dată pentru totdeauna, ci mai degrabă a apărut, apare şi va apărea la nesfârşit; aceiaşi indivizi au apărut, apar şi reapar la fiecare repetare a ciclului. În fiecare ciclu, de fiecare dată, Socrate va fi cercetat, condamnat şi executat. Durata cosmică este deci o repetiţie şi o *anakuklesis, adică* o Eternă Reîntoarcere.[29]

Această idee stoică a *palingenezei* – adică reapariţia aceloraşi oameni în fiecare ciclu[30] – a dus ideea de Eternă Reîntoarcere la extrema ei logică şi mult mai departe decât au dus-o gânditorii de dinainte sau decât Aristotel ori Platon.

Aristotel era intrigat de noţiunea de *palingeneză.* El a observat că, dacă aceasta era adevărată, atunci ideea uzuală de înainte şi după îşi pierde sensul, întrucât aceasta ar implica[31], cum a menţionat Aristotel[32], că el însuşi a trăit cu mult înainte de căderea Troiei, dar şi cu mult după, de vreme ce războiul troian s-ar fi declarat din nou, iar Troia ar cădea din nou. Cu toate acestea, deşi Aristotel a acceptat ideea ciclurilor, el s-a împotrivit să accepte identitatea exactă a evenimentelor din fiecare ciclu, argumentând[33] că identitatea exactă era una singură, în felul ei.

Cosmologia lui Platon[34] era tot ciclică, cu o distrugere şi refacere periodică a universului în conjuncţie cu diferite evenimente astronomice. Într-adevăr, noţiunea de An Mare a pătruns ulterior în gândirea Occidentală direct prin scrierile lui Platon. Totuşi, savanţii[35] nu sunt de acord

cu punctul de vedere al lui Platon asupra ciclurilor când aceasta ajunge la extrema *palingenezei.* Ideea Eternei Reîntoarceri a început să domine gândirea în precreştinism, iar mai târziu Imperiul Roman. De asemenea, în acea perioadă, era proeminentă *oikoumene,* şi anume în China, în timpul dinastiei Han. Aşa cum a subliniat Joseph Needham[36], cea mai recunoscută autoritate din lume în privinţa ştiinţei din China antică, taoismul religios din perioada Han era unul milenar şi apocaliptic; Marea Pace era în mod clar atât în viitor, cât şi în trecut. În Canon-ul din Marea Pace (scris între 400 î.Hr. şi 200 d.Hr.) poate fi găsită o teorie a ciclurilor care s-au ivit din haos (considerat ca o stare de nediferenţiere completă, ceea ce este similar cu ideile moderne de maximă entropie) şi apoi au decăzut uşor, până în ziua judecăţii (entropie maximă).

În contrast cu aceasta, viziunea creştină a fost chiar de la începuturile sale total opusă ideii de Eternă Reîntoarcere. În cea mai importantă carte a sa, *Cetatea lui Dumnezeu**, Augustin a atacat în mod explicit versiunea stoicilor cu privire la Eterna Reîntoarcere, argumentând că filosofia creştină (şi predecesoarea sa iudaică) impune un concept *liniar* asupra timpului. În cuvintele sale proprii, Augustin spune:

> Dumnezeu interzice ca noi să credem în [Eterna Reîntoarcere]. Christos a murit o dată pentru păcatele noastre şi a înviat din nou, dar nu mai moare.[37]

Dumnezeu a creat lumea *o singură* dată, Christos a murit *o singură* dată şi va învia din nou *o singură* dată. (Totuşi, nu este foarte clar dacă timpul ciclic era total absent din gândurile scriitorilor Vechiului Testament. În

---

* *The City of God* – lb. engleză, în original. Este vorba evident de celebra lucrare *De Civitate Dei* (*n.t.*).

Ecleziast 1:9, de pildă, găsim cuvintele „Ce-a fost va mai fi şi ce s-a făcut se va mai face; nimic nu-i nou sub Soare".)

Odată cu triumful creştinismului asupra competitorilor săi din Imperiul Roman, noţiunea de timp liniar a devenit dominantă în raport cu timpul ciclic, din Occident, până la naşterea ştiinţei moderne, cu toate că, câţiva învăţaţi medievali, cum ar fi Bartholomaeus (1230 d.Hr.), Siger din Brabant (1270 d.Hr.) şi Pietro d'Acono (1300 d.Hr.), erau dispuşi să întreţină cel puţin ideea de Eternă Reîntoarcere.[38] Totuşi, în China medievală, şcoala neo-confucianistă, care a înflorit între 1100 d.Hr. şi 1300 d.Hr. şi care era influenţată atât de ideile budiste despre recurenţă, cât şi de ideile mai sus menţionate ale taoismului antic, a acceptat[39] ideea că universul a trecut prin cicluri alternative de refacere şi disoluţie. De exemplu, învăţatul Shen Kua (1050 d.Hr.), din şcoala Sung, a discutat[40] recurenţa catastrofelor din lume, iar mai târziu învăţatul Tung Ku, din şcoala Ming, a susţinut[41] că doar o perioadă a lumii a avut un început, şi nu tot lanţul nesfârşit al tuturor perioadelor lumii. Joseph Needham a argumentat[42] faptul că noţiunea de timp liniar a dominat-o pe cea a timpului ciclic în gândirea de mai târziu a Chinei, dar alţi experţi[43] în ştiinţa Chinei nu sunt de acord cu acest lucru. Cu toate acestea, nu există niciun dubiu în legătură cu faptul că liniaritatea a dominat gândirea creştină şi că o serie de gânditori[44] au susţinut faptul că această noţiune de timp liniar a jucat un rol crucial în naşterea ştiinţei moderne.

Odată cu începuturile ştiinţei moderne, la sfârşitul secolului al XVI-lea, ştiinţa şi filosofia au urmat căi separate de dezvoltare. Dar filosofii erau îngrijoraţi de autoritatea ştiinţei care se cuibărea în mintea cetăţeanului de rând şi, drept consecinţă, acei filosofi care credeau în Eterna Reîntoarcere au încercat să formuleze argumente cu aer aparent ştiinţific, în sprijinul ideii de recurenţă.

Încercarea filosofului german Friedrich Nietzsche de a demonstra recurenţa este interesantă, deoarece ea re-

prezintă *aproape* un argument valabil, date fiind anumite (false) presupuneri despre natura universului fizic. Aceasta înseamnă că demonstrația lui Nietzsche conține toate ideile de bază necesare pentru o demonstrație riguroasă a recurenței unui sistem fizic finit, evoluând într-un anume fel întâmplător. Nietzsche şi-a început „demonstrația" sa despre recurență, după cum urmează.

> ... noi insistăm asupra faptului că lumea, ca o sumă de energii, nu trebuie să fie privită ca nelimitată – noi ne interzicem nouă înşine conceptul de energie infinită, deoarece acest lucru pare a fi incompatibil cu însuşi conceptul de energie.[45]

Astfel, Nietzsche pledează pentru finitudinea energiei sistemului universal. Acest lucru reprezintă într-adevăr o ipoteză de bază din orice demonstrație adevărată despre recurență. Argumentul lui Nietzsche pentru finitudine are o paralelă în fizica modernă. Conform teoriei relativității generalizate, numai în spațiu-timpul unde energia totală este cu necesitate finită (în aşa-numitul spațiu-timp asimptotic drept), „energia" are o semnificație bine definită. În particular, energia totală nu are nicio semnificație într-un univers închis (şi voi folosi acest lucru în demonstrația mea, că progresul infinit este posibil într-un univers închis).

De asemenea, Nietzsche susține că universul trebuie să fie infinit atât spre trecut, cât şi către viitor:

> Nu trebuie să ne preocupe nici măcar o singură clipă ipoteza unei lumi create. Conceptul de „a crea" este astăzi total indefinibil şi ireal: el este doar un cuvânt care provine din vremea superstițiilor...[46]

În realitate, în „demonstrația" sa, Nietzsche nu are nevoie să vehiculeze conceptul „creație", ci are nevoie doar de ideea că universul a existat numai un timp limitat. Din

păcate pentru Nietzsche, Big Bang-ul este zdrobitor de evident. Adică, universul a existat numai un timp limitat – circa 20 miliarde de ani – chiar dacă el este „necreat". Această evidență a finitudinii temporale poate fi găsită discutată în orice carte de cosmologie. În plus, în capitolul 8 voi arăta că ideea unui Dumnezeu care creează universul poate avea un înțeles chiar și în cadrul fizicii moderne.

Nietzsche susține că recurența tuturor stărilor decurge din finitudinea energiei (și a spațiului în care acționează această energie), prin care el a înțeles un număr limitat de stări posibile ale universului, infinitul timpului scurs și o evoluție întâmplătoare:

> Dacă universul poate fi imaginat ca o cantitate definită de energie, ca un număr definit de centre de energie – și fiecare alt concept rămâne nedefinit și prin urmare inutil – urmează că universul trebuie să treacă printr-un număr calculabil de combinații, în marele joc al șansei care constituie existența sa. La infinit, într-un moment sau altul, fiecare combinație posibilă trebuie să fi fost realizată deja o dată; și nu numai aceasta, ci ea trebuie să fi fost realizată de un număr infinit de ori...[47] Dacă toate combinațiile posibile și relațiile dintre forțe nu au fost încă epuizate, atunci infinitul nu poate sta încă în spatele nostru. Cum însă a fost presupus timpul infinit, nicio altă posibilitate nu poate exista și oricare lucru trebuie să fi apărut deja și, mai mult decât atât, a apărut de un număr infinit de ori.[48] Faptul că niciodată nu a fost atinsă o stare de echilibru, demonstrează faptul că acest lucru este imposibil. [Dar trebuie să fi fost atinsă] într-un spațiu sferic.[49] Când presupunem în mod fals că spațiul este nelimitat și, prin urmare, energia devine împrăștiată în mod gradat, numai atunci starea finală poate fi una nefertilă și lipsită de viață.[50]

În paragraful despre Fizică şi Eterna Reîntoarcere voi arăta că modelul despre lume al lui Nietzsche poate fi comparat destul de bine cu un sistem care suferă un tip special de evoluţie întâmplătoare – un lanţ Markov – şi a cărui stare trebuie să revină.

Atât Nietzsche[51], cât şi filosoful german Martin Heidegger, unul dintre cei mai influenţi filosofi ai secolului al XX-lea, au privit ideea Eternei Reîntoarceri ca temelia întregului corpus al filosofiei lui Nietzsche; Eterna Reîntoarcere nu era doar un adaos accidental. După cum scrie Heidegger: „poziţia metafizică de bază a lui Nietzsche poate fi definită prin două afirmaţii. Prima, caracterul fundamental al fiinţelor exprimat ca «voinţa de putere». A doua, Fiinţa este «revenirea veşnică a aceluiaşi»".[52] Cu toate acestea, Heidegger a crezut[53] că Eterna Reîntoarcere era o idee metafizică şi nu o propoziţie a ştiinţei fizice. Aşa cum am subliniat mai sus, acest lucru nu este adevărat. În plus, Nietzsche însuşi a privit demonstraţia sa a Eternei Reîntoarceri ca pe o demonstraţie ştiinţifică, iar Reîntoarcerea Veşnică, ea însăşi, ca pe „...*cea mai ştiinţifică* dintre toate ipotezele posibile".[54] De fapt, Nietzsche şi-a consacrat mulţi ani studiului fizicii, cu scopul de a învăţa modul în care se construieşte o astfel de demonstraţie.[55]

Nietzsche a înţeles, dar a şi acceptat toate implicaţiile Eternei Reîntoarceri. Mai întâi, a înţeles[56] că nu poate exista un scop final al vieţii; existenţa este inutilă, lipsită de sens şi absurdă. Această recunoaştere a faptului că viaţa nu duce către nimic a fost numită de Nietzsche *nihilism* (în limba latină, cuvântul *nihil* înseamnă „nimic"). În al doilea rând, ideea progresului era o deziluzie; Nietzsche a numit-o cu dispreţ „...o simplă idee modernă, dar o falsă idee... dezvoltarea *nu* este în niciun fel o înălţare...".[57] În al treilea rând, Dumnezeu nu poate exista – şi chiar dacă există, El este la fel de absurd ca şi universul pe care l-a creat. „Dumnezeu a murit" este celebra afirmaţie a lui Nietzsche[58]

ca expresie a formei pesimiste a acestui ateism. Unele forme de ateism sunt optimiste: cum este marxismul, care îmbrățișează ideea de progres. Ateismul optimist privește dispariția credinței în Dumnezeu ca pe o manifestare a progresului însuși: o credință preștiințifică împiedicându-ne să ne asumăm existența umană este eliminată. Ateismul lui Nietzsche era absolut diferit. El nu este fericit pentru că Dumnezeu nu există; el este *disperat* pentru că Dumnezeu nu există. Nu mai există o Călăuză iubitoare a oamenilor din acest univers absurd.[59] Omul inteligent – pe care Nietzsche l-a numit „Supraom" (în limba germană *Übermensch)* – este cineva care acceptă absurditatea realității implicată de Eterna Reîntoarcere.[60] (Nietzsche a considerat tragedia ca pe cea mai înaltă formă de artă.) Pentru Nietzsche, adevăratul Supraom face mai mult decât să accepte pur și simplu lipsa de sens a realității implicate de Eterna Reîntoarcere; Supraomul este capabil „...nu numai să îndure necesitatea [Eternei Reîntoarceri], sau chiar și mai puțin, să o țină ascunsă... ci să o și *iubească*".[61] În însemnările sale pentru cea mai celebră carte a sa, *Also Sprach Zarathustra* (*Așa grăit-a Zarathustra),* Nietzsche scria: „*După viziunea* groaznică a *Supraomului*, doctrina *recurenței:* acum, *suportabilă*!"[62]

În al patrulea rând, deoarece universul este irațional la cel mai de bază nivel al său, distincția dintre știința obiectivă și emoția subiectivă dispare. „Adevăr" înseamnă acum cultură – și depinde de rasă, mai degrabă o părere decât același lucru pentru toți. Știința și tehnologia nu sunt lucruri bune multă vreme. Cum ele sunt indisolubil legate de progres, iar progresul este o deziluzie, atunci și progresul științific este tot o deziluzie. Urmașul lui Nietzsche, Max Weber, celebrul sociolog german, a ridicat în slăvi acest iraționalism reacționar antiștiințific: „...totuși, un optimism naiv a celebrat știința ... ca drumul care ar duce către fericire, eu cred că pot lăsa deoparte toată această problemă în lumina criticii nimicitoare pe care a făcut-o Nietzsche...

Cine atunci mai crede în aceasta, cu excepția câtorva bebeluși bătrâni de la catedrele universitare sau din birourile editoriale?"[63] Într-adevăr, știința și tehnologia sunt fundamental dăunătoare, deoarece promițând eliberarea de absurditatea universului ciclic, ele ne îndepărtează de cunoașterea Eternei Reîntoarceri care definește Supraomul.

În al cincilea rând, Eterna Reîntoarcere implică rasism. Cum spune Nietzsche, „*scopul speciei umane* nu poate ține de final [așa cum s-ar întâmpla dacă ar fi vorba de un univers în care ar exista progres], ci doar de *speciile sale* superioare"[64] „...scopul dezvoltării constă în ființe umane superioare [care nu sunt] ... ultimele în timp, ci mai curând existențe împrăștiate și accidentale".[65] Nietzsche era chiar mai explicit în cartea sa *The Antichrist:* „Problema pe care o pun nu constă în ceea ce va reuși umanitatea prin șirul de ființe ... ci ce tip de om ar *naște*...".[66] Aceste ființe umane mari care s-ar naște erau Supraoamenii lui Nietzsche. În ultima sa carte, *Ecce Homo,* Nietzsche spunea[67] că numai „savanții boi" îl pot interpreta pe Supraom din punct de vedere darwinist ca un membru al unei specii superioare omului. El a negat chiar că ar putea fi o specie superioară omului. El a afirmat că „Omul ca specie nu reprezintă niciun progres comparativ cu orice alt animal"[68], într-un capitol special intitulat „Anti-Darwin" din cartea sa *The Will to Power.* Aceasta este o consecință a Eternei Reîntoarceri: dacă nu există niciun fel de progres, atunci nu există în particular nici progres al evoluției. Fiecare specie ar trebui mai curând să își vadă de propriul său interes decât să spere într-o îmbunătățire a tuturora. Nu există nicio îmbunătățire a tuturora.

Filosofia lui Nietzsche a avut un efect enorm asupra culturii secolului al XX-lea. Filosoful existențialist Karl Jaspers a afirmat că Soren Kierkegaard și Friedrich Nietzsche au determinat toate punctele de plecare ale filosofiei secolului al XX-lea. Subiectul Eternei Reîntoarceri al lui Nietzsche

a stat la baza unui mare număr de teorii ciclice despre istoria omenirii, cele mai notabile fiind cea a germanului Oswald Spengler, în cartea sa *Untergang des Abendlandes* (tradusă în limba engleză ca *Decline of the West*), şi cea a englezului Arnold Toynbee, dezvoltată în lucrarea în mai multe volume *A Study of History*. În prefaţa cărţii *Decline of the West,* Spengler a afirmat explicit faptul că el datorează „totul" lui Goethe şi Nietzsche. Atât Spengler, cât şi Toynbee credeau că istoria omenirii este caracterizată nu ca un progres nesfârşit de la societatea primitivă la civilizaţia modernă, ci ca un ciclu nesfârşit de naştere, creştere, decădere şi moarte a civilizaţiilor. Titlul cărţii lui Spengler a exprimat credinţa sa că civilizaţia Occidentului era în faza decăderii. Atât lui Spengler, cât şi lui Toynbee le-a displăcut ideea că ştiinţa şi progresul ştiinţei moderne erau apropierea sfârşitului lor. Aceasta reprezintă o viziune specifică partizanilor Eternei Reîntoarceri, aşa cum a subliniat recent şi istoricul ştiinţei (şi fizicianul) Gerald Holten de la Harvard.[69]

Rezumatul clasic al Eternei Reîntoarceri este mitul lui Sisif, un grec condamnat de zei să împingă spre vârful unui munte din Infern o stâncă uriaşă. După ce Sisif reuşea să urce stânca, imediat aceasta se rostogolea în jos, la baza muntelui. Acest proces se repeta la nesfârşit. Eforturile lui Sisif erau condamnate la zădărnicie; toate eforturile sale deveneau nule, nule sunt mereu şi vor fi mereu aşa. Lipsa de sens a efortului său – şi conştiinţa sa cu privire la absurditatea efortului său – reprezintă pedeapsa lui Sisif. Dacă Eterna Reîntoarcere ar fi adevărată, atunci această pedeapsă ar fi de asemenea şi a noastră.

Reflectând la mitul lui Sisif, scriitorul francez Albert Camus a înţeles că, într-un univers cu Eternă Reîntoarcere, „există doar o singură problemă filosofică serioasă şi aceasta este sinuciderea. Judecând dacă viaţa merită sau nu să fie trăită, acest lucru impune răspunsul la problema fundamentală a filosofiei... Oare Absurdul determină moartea?[70]

Singurul argument în favoarea vieții pe care l-a putut găsi Camus a fost: „Efortul însuşi de a ajunge la culme este suficient pentru a umple o inimă de om. Trebuie să ni-l imaginăm pe Sisif fericit".[71]

Mie, personal, nu îmi este greu să mi-l imaginez pe Sisif fericit. Ființele omeneşti au învățat să îşi afle fericirea chiar şi în cele mai îngrozitoare împrejurări. Dar ele ar fi mai fericite ştiind că într-o zi vor fi condiții mai bune, că universul nu-i de fapt absurd, ci plin de semnificație. Sisif ar fi mult mai fericit ştiind că într-o zi stânca sa va rămâne pe vârful acelui munte, că truda sa a servit totuşi unui scop şi că într-o zi el ar fi liber să se cațere chiar pe munți mai înalți, să se înalțe către Dumnezeu însuşi. Oamenii pot găsi un sens al vieții lor chiar şi atunci când sunt convinşi că ei, copiii lor şi eventual moştenitorii lor vor muri şi niciodată nu vor mai învia din nou. Dar ei ar găsi *mai mult* sens pentru viețile lor dacă ar crede că Teoria Punctului Omega proclamă acest lucru, şi anume că într-o zi ei şi copiii lor vor învia din morți şi nu vor mai muri niciodată din nou. Ei ar găsi *mai mult* sens în viețile lor dacă ar crede că Eterna Reîntoarcere nu este adevărată. Şi, de fapt, ea nu este adevărată, aşa cum voi arăta mai jos. Fericitul Sisif al lui Camus ne aminteşte de unul dintre Supraoamenii lui Nietzsche, care poate „iubi" îngrozitoarea Eternă Reîntoarcere: „Suferința, de asemenea, este tot o bucurie..."[72] – aşa grăit-a Zarathustra lui Nietzsche despre Eterna Reîntoarce.

Consecințele politice ale filosofiei lui Nietzsche despre Eterna Reîntoarcere au fost catastrofale. Probabil că cea mai simplă modalitate de a demonstra acest lucru este aceea de a evidenția faptul că Eterna Reîntoarcere este suficient de antică şi, important, un concept care simbolizează Eterna Reîntoarcere este *fylfot*. Atât de dominantă devine ideea de progres în Anglia – antiteza Eternei Reîntoarceri – încât, atunci când englezii au întâlnit din nou simbolul Eternei Reîntoarceri în secolul al XX-lea, ei

uitaseră vechiul cuvânt pentru aceasta. În locul acestuia, ei au folosit cuvântul sanskrit: SWASTIKA.

Încă de la început, naziştii au afirmat o legătură profundă dintre nazism şi filosofia lui Nietzsche. Filosoful nazist Alfred Bäumler a afirmat că „oricine spune «Heil Hitler!» salută în acelaşi timp filosofia lui Nietzsche".[73] Bäumler, profesor de filosofie la Universitatea din Berlin între anii 1933 şi 1945, a fost o figură proeminentă în cercurile filosofice naziste. El era purtătorul de cuvânt principal al lui Alfred Rosenberg, redactorul şef al ziarului oficial al partidului nazist *Völkischer Beobachter*. Rosenberg[74] însuşi făcea parte din cabinetul lui Hitler ca ideolog al partidului nazist; el a fost condamnat la moarte de Tribunalul pentru Crime de Război de la Nurenberg şi executat în 1946. S-a spus[75] adeseori că însuşi Nietzsche nu a fost un rasist atât de vulgar ca naziştii – de fapt, Nietzsche i-a admirat pe evrei şi polonezi (două dintre cele mai prigonite naţionalităţi de către nazişti). În plus, Nietzsche a urât antisemitismul şi a simţit că naţionalismul german aşa cum s-a dezvoltat la sfârşitul secolului al XIX-lea ar conduce la „...extirparea spiritului german în favoarea *Reich*-ului german".[76] Cu toate acestea, naziştii care erau conştienţi de aceste atitudini ale lui Nietzsche au subliniat faptul că Nietzsche respingea implicaţiile propriei sale idei despre Eterna Reîntoarcere. Doar din acest punct de vedere singular al filosofiei, naziştii au dreptate; astfel, eu resping ideea Eternei Reîntoarceri.

Dintre toţi, Heidegger poate fi considerat cel mai influent filosof nazist. Este cunoscut faptul că el era un membru al partidului nazist, înainte ca Hitler să fi luat puterea în Germania, dar mulţi urmaşi ai lui Heidegger de mai târziu au încercat să argumenteze că acest lucru era secundar filosofiei sale. Fals.[77] Când propriul student al lui Heidegger, Karl Löwith (expulzat din Germania în anul 1930, deoarece era jumătate evreu), i-a spus lui Heidegger că studiul său filosofic era discreditat de politica sa, Heidegger

nu a fost de acord, pretinzând[78] că de fapt ideea sa de „istoricitate", accentuată în celebra carte a lui Heidegger, *Being and Time*, era justificarea nazismului său. Şi „istoricitatea" înţeleasă de Heidegger înseamnă repetare, Eterna Reîntoarcere.

Heidegger a considerat[79] tehnologia ca fiind cel mai mare pericol în faţa rasei umane, care ameninţa să schimbe esenţa profundă a persoanei. Cele două naţiuni cu cea mai mare admiraţie pentru progresul tehnic, Statele Unite şi Uniunea Sovietică, trebuie deci să protesteze. Cum atât democraţia capitalistă, cât şi totalitarismul marxist au crezut în progresul tehnic nelimitat, ambele erau suspecte în egală măsură în ochii lui Heidegger. Heidegger a sperat că naziştii pot prevedea restricţiile necesare asupra tehnologiei; într-adevăr, el a crezut că esenţa profundă a nazismului era dorinţa sa de a păstra tehnologia în cuprinsul propriilor sale graniţe. Aşa cum scrie în *Introduction to Metaphysics,* publicată *după* cel de Al Doilea Război Mondial, „adevărul interior şi măreţia naţional-socialismului trebuie privite în lupta dintre tehnologia globală şi omul modern".[80]

În 1976 revista germană cu circulaţie de masă *Der Spiegel* a publicat postum un interviu remarcabil cu Heidegger. În realitate, interviul a fost realizat în 1966, cu condiţia ca acesta să fie publicat numai după moartea lui Heidegger. Lui Heidegger i s-a permis să editeze interviul şi să facă modificări serioase la manuscrisul original. *Der Spiegel* a publicat interviul corectat de Heidegger. Astfel, noi ştim că Heidegger a avut un control complet asupra interviului şi că acesta s-a dorit a fi un rezumat final al muncii sale de o viaţă.

În acest interviu, Heidegger a repetat credinţa sa că principalul ţel al nazismului era controlul tehnologiei:

> HEIDEGGER: ... În ceea ce mă priveşte eu nu înţeleg problema omului în lumea tehnologiei planetare decât ca pe o cursă inexplicabilă din care vrem să scăpăm. Eu cred

că în cadrul propriilor sale limite, gândirea ar trebui să-l ajute pe om în a stabili o relație satisfăcătoare cu tehnologia. Național-socialismul a luat-o în mod sigur pe acest drum...[81] Tehnicitatea în esența sa este ceva pe care omul nu o poate stăpâni prin propria putere.[82]

De asemenea, Heidegger a afirmat că filosofia sa era rasistă:

DER SPIEGEL: Dumneavoastră atribuiți germanilor o sarcină specială?
HEIDEGGER: Da...
DER SPIEGEL: Credeți că germanii au o aptitudine specială pentru această transformare?
HEIDEGGER: Mă gândesc la înrudirea cu totul specială, interioară, dintre limba germană cu limba vechilor greci și gândirea lor. Aceasta este ceva ce francezii îmi confirmă astăzi iar și iar. Când ei încep să gândească, atunci vorbesc în limba germană. Ei [mă] asigură că nu reușesc acest lucru cu propria lor limbă.[83]

Nu este nevoie să o mai spunem, acesta este un nonsens. Orice gând poate fi exprimat la fel de bine în franceză, germană, engleză sau în orice altă limbă omenească. Noi afirmăm că toate limbile omenești sunt *limbi universale.* Este adevărat că unele idei sunt mai ușor de exprimat în unele limbi universale decât în altele. Cu toate că, în principiu, toate ideile tehnice ale Teoriei Punctului Omega pot fi exprimate clar în engleză, același lucru ocupă cu mult mai puțin spațiu exprimându-l în limbajul universal al matematicii, și este ceea ce am făcut eu în *Anexa pentru oamenii de știință.* Heidegger a înțeles că în viitor gândirea ar putea fi exprimată prin matematică, o dezvoltare pe care el a deplâns-o, deoarece era o manifestare a creșterii tehnologiei:

HEIDEGGER: Științele, adică, pentru noi, astăzi, chiar științele naturale (cu fizica matematică drept știință funda-

mentală) sunt traductibile în toate limbile din lume – sau, mai exact, ele nu sunt traduse, dar limbajul matematic este același pretutindeni [universal]...[84] Filosofia nu va fi capabilă să efectueze vreo schimbare în stadiul actual al lumii. Acest lucru este adevărat nu numai pentru filosofie, ci și pentru toate strădaniile și reflecțiile pur umane. Numai un Dumnezeu ne poate salva...[85] Rolul din trecut al filosofiei a fost luat în zilele noastre de către științe... [Astăzi] filosofia se dizolvă în științe particulare: psihologia, logica, știința politică.[86]

DER SPIEGEL: Și ce anume ia locul acum filosofiei?

HEIDEGGER: Cibernetica.

Heidegger a identificat corect oponentul său, opusul Eternei Reîntoarceri, opusul nazismului și acel tot pe care acestea se sprijină: cartea pe care o țineți în mâini este un studiu asupra ciberneticii – vechiul cuvânt pentru „știința calculatoarelor". Sper că cei din tagma lui Heidegger nu vor putea să efectueze vreo schimbare în dezvoltarea tehnologiei. Caz în care un Dumnezeu – Punctul Omega – ne va salva.

Am discutat mai pe larg despre implicațiile sociale și politice ale Eternei Reîntoarceri, deoarece doresc ca acest lucru să fie bine înțeles și să motivez de ce eu însumi resping un astfel de punct de vedere. Așa cum vom vedea în capitolul următor, respingerea ideii de Eternă Reîntoarcere este exprimată în al treilea postulat din cele trei și pe care îl voi codifica în limbaj matematic drept ceea ce se înțelege prin „viață veșnică". Deoarece acesta reprezintă opusul Postulatului Eternei Reîntoarceri și care conferă o putere predictivă reală Teoriei Punctului Omega, este foarte important să justific acest postulat în detaliu.

O respingere a rasismului, adică a unei credințe într-o inerentă superioritate a unui grup oarecare de ființe inteligente – o noțiune intim legată de Eterna Reîntoarcere,

aşa cum am arătat mai sus – este, de asemenea, esenţială pentru Teoria Punctului Omega. După cum am demonstrat în capitolul precedent, un pas crucial către Punctul Omega îl constituie colonizarea universului cu roboţi inteligenţi prin maşini autoreproductive. Multe fiinţe umane (inclusiv cele care ar trebui să ştie mai bine) privesc crearea unor astfel de oameni – prin „oameni" eu voi numi roboţii inteligenţi, deoarece ei asta sunt – cu oroare şi iniţial simt că crearea şi reproducerea unor astfel de maşini (oameni) ar trebui să fie interzisă prin lege. De pildă, când am propus iniţial colonizarea galaxiei noastre cu sonde von Neumann, astrofizicianul Carl Sagan a ridicat obiecţii:

> ... politica prudentă a oricărei civilizaţii tehnice de foarte mare siguranţă trebuie să fie aceea de a împiedica construirea sondelor interstelare von Neumann şi de a circumscrie sever utilizarea lor pe Pământ. Dacă acceptăm argumentele lui Tipler, întregul univers este pus în pericol de o astfel de invenţie; controlul şi distrugerea sondelor interstelare von Neumann este un lucru căruia orice civilizaţie – în special cele mai avansate – ar trebui să îi acorde o oarecare atenţie.[87]

Aceasta reprezintă o poziţie a fricii şi a ignoranţei, o definiţie prin excludere: că ceea ce nu îmi place mie nu merită să existe. O „persoană" este definită prin calităţile minţii şi sufletului, nu printr-o anume formă a corpului. Adolf Hitler nu era de acord cu această definiţie, desigur. El a definit „persoana" în termenii formei corpului şi a încercat să împiedice reproducerea tuturor oamenilor care nu erau „arieni". În privinţa reproducerii evreilor, el aproape că a reuşit: la sfârşitul celui de Al Doilea Război Mondial, 70% din evreii din Europa erau morţi. Dacă se respinge temeiul filosofic al rasismului, atunci trebuie să se accepte implica-

țiile unei astfel de respingeri: trebuie să existe o opoziție împotriva oricăror legi care limitează crearea sau reproducerea de mașini inteligente. În sfârșit, mașinile inteligente vor deveni mai inteligente decât membrii speciei *Homo sapiens* și vor domina astfel civilizația. Ei, și?

Vor fi existând oameni care în adâncul inimii lor rămân partizani ai supremației umane. Acelor oameni, fie-mi îngăduit să le evidențiez consecințele adoptării unei astfel de perspective: moartea permanentă și finală a voastră și moartea copiilor voștri. Am început capitolul 2 cu demonstrația faptului că Soarele și Pământul sunt condamnate la pieire. Civilizația noastră și biosfera trebuie în cele din urmă să părăsească sistemul solar dacă doresc să supraviețuiască. În următorul capitol voi arăta că în viitorul foarte îndepărtat, aproape de capătul timpului, pot supraviețui numai roboții în acele condiții extreme care vor domina întregul univers. *Dar dacă* roboții supraviețuiesc, ei ne pot menține în viață și pe noi, ca emulații în calculatoarele viitorului îndepărtat. Modul exact de funcționare constituie tema ultimelor capitole; pentru moment, permiteți-mi doar să notez faptul că acest lucru este posibil *numai* dacă respingem acum antipatia față de ideea roboților inteligenți.

Din fericire pentru specia umană și biosfera terestră, japonezul nu împărtășește frica de roboți inteligenți care este atât de răspândită în Occident.[88] Japonezii acceptă roboții în fabricile lor. Ei nu privesc aceste mașini ca pe niște competitori, ci ca ajutători. Lor nu le este teamă de apariția roboților cu nivel de inteligență umană și dincolo; experții japonezi în robotică au asigurat fonduri financiare pentru scopul de a crea calculatoare și programe de calculatoare capabile să treacă de testul Turing. Desigur, japonezii sunt conștienți de ostilitatea cu care este întâmpinată în Occident ideea unei mașini inteligente și cred că acest lucru se datorează unei diferențe clare în ceea ce privește tradiția

religioasă şi unei experienţe istorice diferite în raport cu maşinile. Religiile dominante din Japonia sunt sintoismul şi budismul. În aceste religii lipseşte contrastul abrupt dintre vii şi morţi care este prezent în creştinism şi iudaism. În locul acestuia, japonezii tind către animism: credinţa că orice lucru care există are o urmă de viaţă în el şi că zeii *(kami)* – fiinţe superioare oamenilor – se află pretutindeni. Occidentalii inclină să vadă roboţii inteligenţi ca pe nişte bucăţi de metal fără suflet, fără emoţii şi, prin urmare, periculoşi din naştere, în timp ce japonezii îi privesc ca pe nişte fiinţe vii, ca oricare altele, şi, deci, bune din naştere. Liderul japonez în robotică Masahiro Mori[89] a scris o carte întreagă, *The Buddha in the Robot,* în care sprijină ideea că roboţii au, asemeni oamenilor, capacitatea de a atinge starea de budha şi că oamenii şi roboţii ar trebui să conlucreze împreună pentru a se ajuta reciproc în a deveni budha („iluminaţi"), exact cum Budha din India secolului şase d.Hr. şi-a dedicat întreaga sa viaţă ajutându-i pe oameni să atingă starea de budha. Mori afirmă că „...a învăţa calea budistă înseamnă a te înţelege pe tine însuţi ca un robot".[90] În Occident, maşinile sunt adesea cauza (sau scuza) pentru a da afară din slujbă pe oameni, pe când în Japonia un muncitor a cărui muncă este automatizată este asociat pur şi simplu unei alte munci (mai productive). Deci, japonezii nu au avut niciodată motiv să privească roboţii ca pe o ameninţare.

Al treilea motiv pentru respingerea ideii de Eternă Reîntoarcere este acela de a compromite relativismul cultural al lui Nietzsche, care se bazează pe aceasta. Teoria Punctului Omega este o teorie pur ştiinţifică, bazată pe principiul că ştiinţa fizicii este universală. În ultimii 30 de ani, aproape toate revendicările, conform cărora fizica nu este mai obiectivă decât politica sau decât religia tradiţională, s-au bazat nu direct pe opera lui Nietzsche, ci mai curând pe lucrările filosofului ştiinţei, americanul Thomas Kuhn. În

best-seller-ul său, *The Structure of Scientific Revolutions*, Kuhn neagă în mod explicit faptul că teoriile din fizică „... cresc mereu strâns legate sau aproximativ din ce în ce mai legate de adevăr".[91] Controversa lui Kuhn se bazează pe teoria sa despre modul cum apar revoluțiile științifice, despre modul cum este înlocuită o teorie fundamentală cu o alta. Cum Kuhn a publicat cartea sa în 1962, între timp a apărut o revoluție în fizica fundamentală. În perioada 1961–1974, s-a creat teoria care se numește astăzi Modelul Standard al fizicii particulelor elementare și, din 1980, aceasta a înlăturat complet toate teoriile anterioare despre fizica particulelor elementare. Astfel, noi putem testa teoria lui Kuhn, observând dacă această nouă revoluție științifică a apărut conform modelului prefigurat de el.

Teoria lui Kuhn a fost respinsă în mod categoric. Steven Weinberg[92] și Sheldon Glashow[93], doi dintre principalii creatori ai Modelului Standard – revoluționar, după Kuhn – au criticat amândoi, în mod tăios, teoria lui Kuhn, evidențiind faptul că revoluția științifică prin Modelul Standard *nu* a apărut după modelul pe care Kuhn l-ar previziona. Un lider *anterior,* susținător al teoriei Modelului non-Standard, John Polkinghorne – un antirevoluționar, după Kuhn – a spus[94] exact același lucru. Toți cei trei fizicieni sunt de acord că Modelul Standard a fost acceptat de către comunitatea fizicienilor pe baze pur obiective și raționale. Ei prezintă dovada faptului că Modelul Standard este de fapt o teorie mai apropiată de realitatea obiectivă decât celelalte teorii care au fost dezvoltate până la acea dată. În cartea sa *Rochester Roundabout: The Story of High Energy Physics,* Polkinghorne a oferit o elegantă argumentare a acestei teze, demonstrând o mare sensibilitate la aspectele filosofice implicate. Progresul științific este *real.* Noi ne putem investi credința în știință cu încredere. În particular, voi presupune în această carte că Modelul Standard și relativitatea generalizată sunt teorii obiectiv adevărate.

Fizica şi Eterna Reîntoarcere

Fizica modernă – în special imaginea newtoniană a lumii – a conținut încă de la începuturile sale atât aspectul liniar, cât şi pe cel ciclic al timpului. Newton însuşi era îngrijorat de faptul că modelul său despre sistemul solar, care se baza pe o coordonată de timp liniar, era instabil gravitațional pe termen lung. (El avea dreptate, dar acest lucru nu a fost demonstrat[95] până în 1989.) Pentru a compensa instabilitatea, el a sugerat un proces ciclic prin care planetele ar fi înlocuite de către Dumnezeu, atunci când ele sunt periodic perturbate de pe orbitele lor, ca urmare a forței gravitaționale exercitate de către una asupra celeilalte.[96] Celebrii fizicieni-matematicieni ai secolului al XVIII-lea, ca Euler, Laplace şi Lagrange, au arătat că, de fapt, sistemul solar era stabil în ordinul întâi, perturbațiile de care era îngrijorat Newton ducând doar la o oscilație *ciclică* a orbitelor planetare. Perioadele oscilațiilor erau de ordinul a câteva mii de ani, iar astronomii din secolul al XIX-lea au ajuns la concluzia că sistemul solar era stabil pentru cel puțin acest interval de timp.

Disputa privind problema ciclic sau liniar s-a deplasat de la astronomie către geologie şi termodinamică.[97] Problema din geologie constă în faptul dacă acea căldură internă a Pământului ar putea genera cicluri geologice indefinite sau dacă Pământul s-ar răci eventual până la o „stare de Gheață şi Moarte", după cum scria în 1815 savantul scoțian John Murray[98]. Această chestiune a stimulat în parte cercetarea din termodinamică[99], către sfârşitul secolului al XIX-lea, Kelvin şi alții formulând ideea Morții Termice pe care am discutat-o pe larg, mai sus. Se credea nu numai că Moartea Termică exclude timpul ciclic, dar Kelvin şi P.G. Tait au argumentat[100] că Al Doilea Principiu al

Termodinamicii implica faptul că universul a avut un început în timp.

Cu toate acestea, alți fizicieni, de pildă Swede S. Arrhenius[101], erau refractari în a atribui celui de Al Doilea Principiu o valabilitate nelimitată, susținând că creația universului ar viola Primul Principiu al Termodinamicii, care este Principiul Conservării Energiei. Astfel, s-a afirmat că energia disipată de procesele termodinamicii trebuie cumva să se reconcentreze periodic într-o formă utilizabilă. De pildă, fizicianul englez Rankine[102] a sugerat faptul că acea căldură radiată în spațiu ar ajunge la un fel de „perete de eter", unde căldura radiantă ar fi total reflectată și reconcentrată în diferite „focare". În acest fel, istoria universului ar fi ciclică pe termen lung. Rankine încerca în esență să arate că mecanica și Al Doilea Principiu erau contradictorii. Prima teoremă complet riguroasă pe această direcție era Teorema de Recurență, care a fost demonstrată de celebrul fizician matematician francez Henri Poincaré în 1890.

TEOREMA DE RECURENȚĂ A LUI POINCARÉ

Teorema de Recurență a lui Poincaré rezultă din două ipoteze: prima, conservarea energiei, și a doua, postulatul conform căruia volumul întregului *spațiu al fazelor* disponibil al unui sistem este finit și mărginit.

A doua ipoteză necesită a fi puțin explicitată; în particular, este nevoie de o definiție pentru „spațiul fazelor". Să considerăm mai întâi un sistem fizic foarte simplu, o particulă fără alte proprietăți în afară de poziția sa în spațiu și viteza de modificare a poziției sale. Chiar și pentru un astfel de obiect simplu sunt necesare *șase* numere pentru a descrie starea sa la orice moment dat: trei numere – de exemplu, înălțimea de deasupra sau de sub noi, distanța până la Est sau Vest față de noi, distanța până la Nord sau Sud

față de noi – pentru a descrie localizarea sa spațială și alte trei numere pentru a descrie cât de rapid se modifică fiecare dintre numerele care dau localizarea ei spațială. Din rațiuni tehnice care nu ne interesează aici, este util să numim ultimele trei numere mai curând impulsuri decât viteze, unde „impulsul" unei particule pe o direcție dată este produsul dintre masa particulei și viteza ei pe acea direcție. Cele trei numere care dau localizarea în spațiu a particulei definesc un spațiu tridimensional, *spațiul configurațiilor*.

La fiecare moment de timp, starea particulei este descrisă complet de cele șase numere. Cu trecerea timpului, starea sistemului se modifică, iar această modificare este complet descrisă de modificarea acestor șase numere. Fiecare dintre aceste numere poate fi gândit ca o dimensiune, exact cum înălțimea, lungimea și lățimea sunt cele trei dimensiuni obișnuite dintr-un spațiu normal. Celelalte trei numere, impulsurile, descriu „poziția" particulei din „spațiul impulsurilor". „Spațiul de stare" al particulei este deci de șase dimensiuni (6-dimensional): cele trei dimensiuni ale spațiului normal și cele trei dimensiuni ale spațiului impulsurilor. Pe măsură ce particula își modifică starea sa de la un moment la altul, ea se „deplasează" în acest spațiu de stare 6-dimensional. Un „punct" din acest spațiu reprezintă astfel descrierea completă a particulei la orice moment de timp. O traiectorie în acest spațiu de stare 6-dimensional reprezintă istoria stărilor particulei pe tot timpul. Acest spațiu de stare reprezintă *spațiul fazelor* particulei respective.

Să considerăm acum un sistem fizic mai complicat: un sistem alcătuit din N particule ca și cea discutată mai înainte. („N" este doar un număr întreg.) Spațiul de stare – spațiul fazelor – al acestui sistem mai complicat are 6N dimensiuni și, ca mai înainte, starea întregului sistem la orice moment de timp este un punct în acest spațiu 6N-dimensional. Starea acestui sistem fizic este complet descrisă dacă se dă localizarea în acest spațiu 6N-dimensional. Ca și mai

înainte, o traiectorie în acest spațiu al fazelor 6N-dimensional reprezintă istoria stărilor sistemului în timp.

Să ne gândim acum ce înseamnă ca volumul întregului spațiu al fazelor să fie finit și mărginit. Spațiul fazelor este 6N-dimensional și va fi finit și mărginit, dacă și numai dacă atât spațiul impulsurilor, cât și spațiul configurațiilor sunt finite și mărginite. În ultimul caz, acest lucru înseamnă doar că cele N particule sunt obligate să fie mereu la o distanță finită de cea la care sunt acum. Acesta ar fi cazul, de pildă, când toate particulele sunt în interiorul unei cutii. Spațiul impulsurilor este finit și mărginit numai dacă toate impulsurile sunt obligate să fie mai mici decât un anumit număr tot timpul. Aceasta numai în cazul în care toate formele de energie disponibile ale particulei ar fi mărginite.

Nici spațiul configurațiilor și nici spațiul impulsurilor nu trebuie să fie finite și mărginite. De exemplu, să presupunem un sistem alcătuit din două particule fără niciun fel de interacție între ele și să presupunem că cele două particule sunt localizate într-un spațiu infinit. Dacă o particulă se deplasează către stânga cu o anumită viteză, iar cealaltă particulă se află în repaus, atunci cele două particule vor continua să se deplaseze separat pentru totdeauna cu viteza primei particule. În acest caz, spațiul impulsurilor este finit și mărginit, dar spațiul configurațiilor este infinit: prima particulă se deplasează doar către stânga, dincolo de infinitatea spațială. Pe de altă parte, să presupunem sistemul alcătuit din două particule cu o interacție gravitațională newtoniană între ele. Dacă ele se găsesc inițial la un metru distanță una de cealaltă și sunt staționare, ele vor porni una către cealaltă, deoarece gravitația este atractivă. Cu toate acestea, cum energia potențială gravitațională este negativă și invers proporțională cu distanța dintre cele două particule, cu cât cele două particule sunt mai apropiate, cu atât energia potențială va fi mai negativă: energia potențială tinde către *minus infinit* atunci când distanța dintre cele două particule

tinde către zero. Cum energia totală a acestui sistem de două particule se conservă, energia cinetică trebuie să tindă către *minus infinit*. Dar energia cinetică este proporțională cu pătratul impulsului particulei, deci impulsul fiecărei particule tinde către plus infinit, într-un timp finit. Deci, în acest caz, spațiul configurațiilor este finit și mărginit, dar spațiul impulsurilor nu este.

Punctul cheie de ținut minte este acela că spațiul de stare al oricărui sistem fizic este spațiul fazelor și nu doar spațiul configurațiilor. Astfel, este posibil ca spațiul de stare să fie infinit și, deci, nemărginit, chiar dacă spațiul configurațiilor este mărginit, cu condiția ca spațiul impulsurilor să fie infinit. Este chiar posibil ca spațiul de stare să fie infinit, chiar dacă volumul spațiului configurațiilor tinde către zero, cu condiția ca spațiul impulsurilor să tindă către infinit, mai repede decât tinde spațiul configurațiilor către zero. Așa cum vom vedea, este exact ceea ce se întâmplă în apropierea Punctului Omega: energia gravitațională în apropierea Punctului Omega tinde către infinit într-o manieră asemănătoare cu cea a energiei potențiale gravitaționale newtoniene a celor două particule.

Conservarea energiei are o implicație deosebită: dacă luăm orice volum din spațiul fazelor și urmărim modificarea acestuia în timp, observăm că acesta nu se schimbă: aceasta se numește Teorema lui Liouville. Dar asta nu înseamnă că volumul nu își poate schimba forma. Doar că o creștere a unei dimensiuni din spațiul fazelor trebuie compensată exact printr-o descreștere a altei dimensiuni. În general, este de așteptat ca un volum inițial simplu din spațiul fazelor să devină foarte complicat cu timpul – acest lucru s-ar întâmpla, de pildă, dacă mișcarea ar fi haotică – dar, totuși, volumul nu se poate modifica dacă energia se conservă.

Deci, întregul spațiu al fazelor unui sistem este presupus finit, iar orice volum dat din spațiul fazelor nu se

poate modifica în timp. Cele două afirmații conduc imediat la Teorema de Recurență a lui Poincaré. Pentru a o înțelege, alegeți în spațiul fazelor un volum oricât de mic în jurul punctului inițial (amintiți-vă că acest punct din spațiul fazelor reprezintă starea întregului sistem la momentul inițial de timp). Puțin mai târziu, acest volum mic s-a deplasat către o poziție din spațiul fazelor şi, tot deplasându-se, el a decupat un mic „tub" în spațiul fazelor. Acest tub reprezintă tot un volum din spațiul fazelor. Considerați un tub uriaş din spațiul fazelor generat de volumul mic inițial pe întreaga sa istorie viitoare (infinită). Cum spațiul fazelor este finit prin ipoteză, acest tub trebuie să aibă un volum finit, chiar dacă totuşi timpul viitor este infinit.

Acum să ne gândim la alt tub „uriaş" din spațiul fazelor, unul generat de micul volum în *a doua poziție temporală a sa*, decupându-şi întreaga *sa* istorie viitoare. Din nou, volumul acestui tub trebuie să fie finit. De fapt, volumele celor două tuburi trebuie să fie egale. Dacă cele două tuburi au avut volume diferite, al doilea ar trebui să fie mai mic, deoarece primul tub îl conține pe al doilea. Dar dacă al doilea tub era mai mic, aceasta înseamnă că volumele din spațiul de stare descreşte în timp, deoarece al doilea tub conține întreaga istorie viitoare a primului tub, mai puțin micul tub de legătură dintre ele. Acest lucru ar contrazice Teorema Liouville.

Acelaşi argument arată că ambele tuburi conțin toate punctele din volumul mic inițial, exceptând eventual un set care are volum zero. Cum volumul mic inițial poate fi arbitrar de mic, aceasta înseamnă că sistemul va deveni eventual arbitrar de apropiat de poziția sa inițială din spațiul fazelor, iar asta înseamnă că el va deveni eventual arbitrar de aproape de starea sa inițială. Astfel, am demonstrat Teorema de Recurență a lui Poincaré. (În Anexă voi da o altă demonstrație.) Acelaşi argument poate fi modificat uşor pentru a demonstra că sistemul trebuie să revină arbitrar de

aproape de o infinitate de ori. Cu un sistem care își poate varia continuu starea sa, atât în timp, cât și în spațiul de stare, timpul dintre revenirile arbitrar de apropiate nu este fix, ci poate varia. Dacă timpul dintre reveniri este fix, sistemul este periodic. Majoritatea sistemelor care evoluează după legile lui Newton nu sunt periodice, ci *haotice,* ceea ce înseamnă (printre altele) că evoluția viitoare este instabilă: o mică modificare a condițiilor inițiale conduce la o modificare enormă a stării sistemului după mult timp.

Ludwig Boltzmann, profesor la Universitatea din Viena, care a fost bunicul colegului meu Dieter Flamm, este următorul fizician important după Poincaré, care ia în considerare problema recurenței. Inițial, Boltzmann a sperat să deducă Al Doilea Principiu al Termodinamicii din mecanica newtoniană a atomilor. Totuși, studentul lui Max Planck, Zermelo, a evidențiat faptul că Teorema de Recurență a lui Poincaré face imposibil acest lucru: dacă entropia este o funcție de stare a sistemului, cum trebuie să și fie, ea ar trebui eventual să înceapă să descrească. Atunci, Boltzmann a sugerat[103] faptul că universul ca întreg nu a avut o direcție a timpului, dar părți separate din el ar fi avut, atunci când întâmplător o abatere mare de la echilibrul termodinamic (Moarte Termică) ar trebui să producă o regiune de joasă entropie. Aceste regiuni de entropie scăzută evoluează apoi înapoi, spre starea mai probabilă de maximă entropie – Moarte Termică – și procesul s-ar repeta, în conformitate cu Teorema lui Poincaré.

De îndată ce a devenit clar faptul că un sistem finit de *particule* atomice ar fi recurent și nu ireversibil pe termen lung, Planck a luat în considerare dacă ireversibilitatea ar putea să apară dintr-o teorie de *câmp,* cum ar fi electromagnetismul. Ideea sa era de a încerca să deducă ireversibilitatea din interacția unui câmp continuu cu particule discrete. Pe această temă, Planck a început o serie de articole în 1897, o serie care a culminat cu descoperirea mecanicii

cuantice, în 1900. Cu toate acestea, Boltzmann a evidențiat faptul că, dacă privim câmpul ca pe un sistem cu un număr infinit de grade de libertate, acest lucru ar fi analog cu un sistem mecanic cu un număr infinit de molecule și în fiecare dintre cazuri am avea recurența Poincaré infinită în timp; în ambele cazuri putem fi în acord cu Al Doilea Principiu. Cu toate acestea, Boltzmann a accentuat[104] faptul că în cazul termodinamicii câmpurilor dintr-un spațiu limitat este mai potrivit să privim câmpul nu ca pe o calitate continuă guvernată de ecuații diferențiale, ci mai degrabă ca pe un număr mare dar infinit de „atomi-vector de eter" a căror ecuații de mișcare se obțin prin înlocuirea ecuațiilor diferențiale uzuale cu ecuații cu diferențe finite. Acestui sistem i s-ar aplica teorema de recurență.

RECURENȚA MARKOV PROBABILISTĂ

Am spus mai înainte că demonstrația lui Nietzsche despre Eterna Reîntoarcere seamănă mult cu demonstrația recurenței din cazul lanțurilor Markov. Un *lanț Markov* este un sistem pentru care probabilitatea de tranziție pe o nouă stare depinde doar de starea sa prezentă. Această probabilitate nu depinde de istoria sa trecută, exceptând cazul în care această istorie este codificată în starea sa prezentă. Un alt lanț Markov finit este unul care presupune un sistem cu un număr finit de stări posibile, pentru care tranzițiile apar numai la intervale discrete. Un lanț Markov finit este un dispozitiv de stare finită care nu are nicio informație venind din exterior. Într-un lanț Markov, există o mulțime de probabilități de tranziție pentru a trece dintr-o stare în alta. De exemplu, să presupunem că avem un sistem cu doar trei stări {1,2,3} fără nicio diferență pentru trecerea dintr-o stare în alta. Deci, dacă pornim din starea 1, atunci tranziția pe starea 2 se efectuează cu probabilitatea 1/2, iar pe 3 tot cu 1/2.

Tranziția pe orice stare este o certitudine, iar „certitudine" înseamnă „probabilitate 1", deci probabilitățile de tranziție adunate dau maxim unu: 1/2 + 1/2 = 1. Dacă începem cu starea 2, tranziția pe starea 1 se efectuează cu probabilitatea 1/2, iar pe starea 3 tot cu 1/2. În sfârșit, dacă pornim din starea 3, tranziția pe starea 1 se efectuează cu probabilitatea 1/2, iar pe starea 2 tot cu 1/2. Cum istoria trecută este nerelevantă, această listă de patru probabilități de tranziție este suficientă pentru a descrie întreaga istorie viitoare a sistemului.

Este posibil să revenim pe starea 1 după două tranziții. Putem trece din 1 în 2 și apoi înapoi în 1, sau din 1 în 3 și apoi înapoi în 1. Probabilitatea pentru una sau alta dintre aceste două posibilități de apariție este (1/2)(1/2) + (1/2)(1/2) = 1/2. Sau, putem să revenim pe 1 după trei tranziții: 1→2→3→1 și 1→3→2→1. Astfel, probabilitatea de revenire pe starea 1 după trei tranziții este (1/2)(1/2)(1/2) + (1/2)(1/2)(1/2) = 1/4. Probabilitatea de revenire pe starea 1 după oricare tranziție, fie după 2 tranziții sau după 3 tranziții este 1/2 +1/4 = 3/4. După a patra tranziție, trebuie să revenim indiscutabil pe starea ocupată anterior, aceasta putând fi totuși diferită de starea 1 de la care am pornit. Tranzițiile posibile care duc la starea 1 din nou pentru prima dată după patru tranziții sunt 1→2→3→2→1 și 1→3→2→3→1. Probabilitatea ca una dintre aceste secvențe să apară este 1/16 + 1/16 = 1/8, iar probabilitatea de a reveni pe starea 1 prin cele patru tranziții este 7/8. Este evident, chiar și intuitiv, că, dacă numărul proceselor este infinit, probabilitatea de revenire pe starea 1 este 1; altfel spus, avem certitudine. În plus, dacă revenim pe starea 1 o dată, putem repeta calculul din nou – deoarece istoria trecută pentru lanțuri Markov nu afectează starea viitoare – și tragem concluzia că probabilitatea este încă o dată și din nou 1, că vom reveni din nou. Repetând acest argument iar și iar, deducem că probabilitatea de revenire pe starea 1 de un

număr infinit de ori este tot 1. De aici, rezultă recurența veşnică. Cu lanțuri Markov putem calcula timpul mediu dintre reveniri, lucru pe care în general nu-l putem face cu recurența Poincaré. Într-un lanț Markov simplu, pe care tocmai l-am descris, numărul mediu al intervalelor de timp dintre reveniri pe aceeaşi stare este 5. În Anexă există o demonstrație a recurenței pentru lanțuri Markov cu un număr arbitrar de stări şi cu probabilități de tranziție arbitrare, în cazul cel mai general, trebuie făcută ipoteza că lanțul Markov nu are un subset de stări pe care acesta nu-l poate părăsi niciodată pentru a reveni. Dacă un astfel de subset există, se poate demonstra că probabilitatea este 1, că un sistem care a fost deja în operare de un timp infinit a părăsit deja subsetul şi, deci, după Nietzsche, acest subset poate fi ignorat.

Un şir determinist este tot un lanț Markov, deşi unul plicticos: singura posibilitate este $1 \to 2 \to 3 \to 1$ şi fiecare probabilitate de tranziție este 1. În acest caz, revenirea apare la fiecare a treia tranziție. Dar ceea ce forțează revenirea în cazul lanțurilor Markov nu este probabilitatea în funcție de determinism, ci finitudinea: un număr finit de stări şi paşi discreți de timp.

MECANICA CUANTICĂ ESTE APROAPE PERIODICĂ

În ambele tipuri de recurență, Poincaré şi Markov, sistemul va reveni la starea sa prezentă, dar sistemul nu are nevoie să fie periodic exact. Acest lucru înseamnă că timpul dintre reveniri poate varia enorm de la o revenire la următoarea. Dimpotrivă, un sistem periodic exact are timpul dintre reveniri exact acelaşi, de la un ciclu la următorul. Aşa cum am spus şi mai sus, sistemul tipic guvernat de mecanica clasică newtoniană este haotic. În capitolul 2 am folosit acest

haos clasic pentru a arăta că este posibil pentru o specie inteligentă care a cuprins întreg universul să controleze evoluția viitoare a acestuia. Ceea ce voi demonstra acum este că un sistem cuantic care este mărginit atât în spațiu, cât și în energie este aproape periodic. Aceasta înseamnă că un astfel de sistem *nu poate* fi haotic.

În mecanica cuantică, starea unui sistem este dată de o funcție de spațiu și timp, numită *funcția de undă,* iar pătratul modulului acestei funcții de undă dă probabilitatea ca sistemul să fie într-un loc dat, la un moment de timp dat. Funcția de undă variază continuu în raport cu spațiul și timpul, deci nu ne putem aștepta să arătăm că, în general, funcția de undă va reveni *exact* la valoarea sa anterioară, cum era în cazul recurenței Markov. Tot ceea ce putem să arătăm este că funcția de undă revine arbitrar de aproape de starea sa anterioară. Reamintim că este ceea ce Teorema de Recurență Poincaré a demonstrat pentru sisteme clasice mărginite. În plus, în experimentele reale actuale nu putem distinge între valorile oricărei variabile continue în două puncte care sunt arbitrar de apropiate. Ceea ce fac în realitate instrumentele noastre este să măsoare *mediile* pe regiuni finite ale variabilelor continue. Deci, din punct de vedere fizic, ceea ce ar însemna revenirea unui sistem cuantic pe starea sa prezentă este că există un moment ulterior, astfel încât media funcției de undă de acum minus funcția de undă la un alt moment de timp este arbitrar de mică.

Teorema de Recurență Cuantică afirmă deci că (1) dacă volumul de spațiu care limitează sistemul este finit (aceasta înseamnă că funcția de undă este nenulă doar în acest volum, deoarece probabilitatea ca sistemul să se afle în exteriorul volumului este nulă) și (2) dacă energia sistemului care poate fi măsurată este atât discretă, cât și mărginită superior printr-un număr finit, atunci funcția de undă trebuie să revină în sensul mediei pe care tocmai am definit-o. Dar

aceasta revine de mai multe ori; revenirea ei este aproape periodică.

Pentru a înțelege ce înseamnă „aproape periodic", să ne reamintim exact ce înseamnă „periodic". Să considerăm un sistem periodic tipic: un vechi ceas mecanic cu alarmă. Cum știe oricine, acest dispozitiv are o perioadă de 12 ore, ceea ce înseamnă că limbile de oră și de minute revin la pozițiile lor inițiale exact după fiecare 12 ore. În plus, limbile de ceas revin la pozițiile anterioare după fiecare multiplu de număr întreg de 12 ore: adică, limbile de ceas revin la poziția lor anterioară după 12 ore, 24 ore, 36 ore ș.a.m.d. Toate aceste perioade se pot scrie sub forma 12n, unde n este 1, 2, 3 etc. Deci, dacă f(t) reprezintă poziția limbilor de ceas la orice moment de timp t, atunci avem f(t) = f(t + 12n), pentru *orice* moment de timp t. Aceasta nu înseamnă decât că orice oră t fixăm, pozițiile limbilor de ceas revin la poziția lor exact după 12, 24, 36 și tot așa ore mai târziu. Dacă t era ora 11, de exemplu, atunci ceasul va arăta din nou ora 11 după 12 ore mai târziu, 24 ore mai târziu ș.a.m.d. La fel se petrec lucrurile și dacă avem ora 12:36 sau 5:24 sau oricare alta. Exact după 12 ore, 24 ore etc. mai târziu, ceasul va arăta din nou 12:36 sau altă oră aleasă inițial. Numerele {12n} pentru toate n se spune că sunt *relativ dense* din tot setul de numere, deoarece există un număr finit L, astfel încât în orice interval de numere de lungime L sau mai mare, va exista cel puțin unul din numerele {12n}. În cazul ceasului nostru, numărul L este *orice* număr mai mare decât 12, care reprezintă „perioada" ceasului.

Un sistem *aproape periodic* este unul pentru care starea sistemului f(t) la orice moment t este arbitrar de apropiată de starea sistemului $f(t + N_i)$ la momentul $t + N_i$, unde $\{N_i\} = \{N_1, N_2 \text{ etc.}\}$ este o mulțime de numere relativ dense, pentru *toate* momentele de timp t. Astfel, sistemele periodice sunt de asemenea sisteme aproape periodice, dar

reciproca nu este valabilă, deoarece setul de numere relativ dense $\{N_i\}$ nu are nevoie să fie multiplu de numere întregi unul pentru celălalt şi, în plus, sistemul nu are nevoie să revină exact la starea sa anterioară, ci doar arbitrar de aproape.

Ceea ce afirmă Teorema Cuantică este că diferenţa $|f(t) - f(t + N_i)|$ poate fi făcută arbitrar de mică, pentru nişte seturi relativ dense $\{N_i\}$ şi pentru *toate* momentele de timp t, unde f(t) reprezintă funcţia de undă, iar liniile verticale reprezintă media funcţiei de undă. Fraza crucială din această teoremă este „pentru *toate* momentele de timp t". Am subliniat cuvântul „toate" deoarece aceasta înseamnă că sistemul nu numai că revine; el repetă, de asemenea, întreaga sa istorie din nou şi din nou, între reveniri, pe tot timpul viitor infinit, iar aceste repetări sunt arbitrar de apropiate în detaliu una de cealaltă.

Acest lucru este în puternic contrast cu revenirile din mecanica clasică, şi cele din lanţurile Markov. În ambele cazuri, istoria următoare poate varia enorm de la o revenire la următoarea. Astfel, această aproape periodicitate a sistemelor cuantice finite înseamnă în particular că ele *nu pot fi haotice*. Acest fapt a incomodat câţiva experţi în teoria haosului, deoarece toate sistemele fizice sunt sisteme cuantice: mecanica clasică este doar o aproximaţie a mecanicii cuantice. De aici, dacă sistemele cuantice nu sunt haotice, atunci teoria haosului nu se poate aplica în realitate niciunui sistem fizic, oricare ar fi el.

În Anexă voi da o demonstraţie matematică a Teoremei de Recurenţă Cuantică, dar este uşor de explicat de ce sistemele cuantice mărginite trebuie să fie aproape periodice. Mecanica cuantică are o discretitudine care lipseşte mecanicii clasice. Să considerăm spaţiul fazelor din mecanica cuantică. Ca şi în mecanica clasică, un sistem de N particule are un spaţiu al fazelor 6N-dimensional, 3N-dimensional pentru spaţiul configuraţiilor şi 3N dimen-

siuni pentru spațiul impulsului. Dar în mecanica cuantică spațiul configurațiilor și spațiul impulsurilor *nu* sunt independente: că lucrurile stau așa o indică faptul că funcția de undă, care descrie complet starea unui sistem cuantic, depinde *numai* de variabilele din spațiul configurațiilor. În mecanica clasică, starea sistemului este precizată prin localizarea din spațiul configurațiilor *și* din spațiul impulsurilor. În spațiul fazelor cuantic există o scală fundamentală minimă: constanta lui Planck, *h,* care are dimensiunile produsului dintre impuls și lungime. Astfel, constanta lui Planck împarte întregul spațiu al fazelor valabil pentru sistemul cuantic în celule 6N-dimensionale, cu volumul spațiului fazelor h^{3N}. Acest lucru conferă mecanicii cuantice o discretitudine fundamentală, deoarece dacă două sisteme sunt în aceeași celulă din spațiul fazelor, atunci *ele sunt în aceeași stare.* Niciun experiment, chiar și de principiu, nu poate distinge între cele două sisteme. Aceasta înseamnă că dacă volumul total din spațiul fazelor impozabil sistemului este V, atunci numărul total al stărilor cu adevărat distincte ale sistemului este chiar V/h^{3N}, care este un număr finit, dacă volumul total al spațiului fazelor este finit. Acest volum total va fi finit dacă energia maximă pe care sistemul o poate avea este finită (acest lucru determină un volum finit în dimensiunile impulsului) și dacă sistemul este restrâns la o regiune finită din spațiu (acest lucru determină volumul finit în dimensiunile spațiului configurațiilor).

Prin urmare, spațiul de stare al unui sistem cuantic mărginit este finit ca și cel al unui lanț Markov finit; numai aceasta și ar conduce la recurență. Dar evoluția în timp a funcției de undă este deterministă, ca și evoluția sistemului din mecanica clasică, așa cum vom discuta mai amănunțit în capitolul 5. Acest determinism adăugat finitudinii spațiului de stare este ceea ce face ca mecanica cuantică să fie aproape periodică.

După cum vom vedea în capitolul 9, această discretitudine a spațiului de stare din mecanica cuantică este ceea ce face posibilă eventuala înviere universală fizică a omenirii. Pe de altă parte, dacă Teorema de Recurență Cuantică este valabilă și la scară mare, atunci învierea universală nu poate conduce la o viață veșnică, deoarece noi ar trebui să revenim eventual către starea actuală. În plus, așa cum am arătat în capitolul 2, pentru ca viața să câștige controlul asupra întregului univers trebuie să apară haosul pe scară cosmică, ceea ce este impus de condiția ca viața să fie veșnică în întregul ei, așa cum voi arăta în capitolul următor. Noi avem nevoie ca numai o parte din Teorema de Recurență Cuantică, nu toată, să fie respectată de realitatea adevărată.

Într-adevăr, putem să avem prăjiturica noastră și să o savurăm, prin păstrarea discretitudinii cuantice – există dovezi copleșitoare pentru aceasta – și demonstrarea faptului că spațiul fazelor valabil pentru univers *nu* este finit. Un astfel de caz va fi cel dintr-un univers guvernat de relativitatea generalizată.

Teoremele de Nerevenire din relativitatea generalizată

Când am ținut prima prelegere despre Teoria Punctului Omega, la o conferință de fizică la începutul anilor 1980, și am subliniat faptul că aceasta presupunea progresul veșnic, laureatul premiului Nobel, fizicianul teoretician Eugene Wigner a sărit în sus și a strigat: „Această teorie nu poate fi adevărată; ea contrazice Teorema de Recurență a lui Poincaré!" Wigner greșea, iar motivul pentru care greșea este acela că într-un univers finit spațial guvernat de teoria gravitației a lui Einstein, relativitatea generalizată, nu poate

avea o Eternă Reîntoarcere. Pe scurt, motivul pentru care acesta nu poate avea este acela că ecuațiile de câmp ale lui Einstein nu vor permite spațiului fazelor să fie finit. Într-un sens fundamental, universul din cosmologia modernă *trebuie* să fie infinit, chiar dacă acesta este finit spațial.

Analogul din cosmologia modernă a cutiei finite presupuse în Teorema de Recurență a lui Poincaré este universul închis, care este un univers al cărui volum este finit, dar fără limite. Modelul standard al unui univers închis este o variantă tridimensională a unei sfere, numită „3-sfera". Am discutat acest model pe larg în capitolul precedent. Dacă sursele materiale ale gravitației sunt astfel încât gravitația să fie atractivă mereu, atunci un astfel de univers începe de la un „Big Bang" când începe și timpul, se dilată până la o dimensiune maximă și apoi se recontractă până la un final „Big Crunch" când timpul se sfârșește. Pe măsură ce universul se apropie de singularitatea finală, volumul tinde către zero. Componenta spațială din spațiul fazelor este în mod cert mărginită și finită; nu numai că este mărginită și finită, dar tinde și către zero.

Dar spațiul fazelor *nu* tinde către zero. În relativitatea generalizată, analogul impulsului din gravitația clasică este aproximativ o expresie matematică proporțională cu viteza de modificare a razei universului – „viteza" cu care se dilată sau se contractă universul – împărțită la raza universului. Astfel, dacă înmulțim raza universului cu acest impuls, obținem că mărimea spațiului fazelor este proporțională cu „viteza" de dilatare sau de contracție a universului. Cum gravitația este mereu atractivă și devine mai puternică, atunci când universul devine mai mic, această „viteză" tinde către infinit, când mărimea universului tinde către zero. Mărimea spațiului fazelor tinde către infinit pe măsură ce universul se apropie de sfârșitul timpului. Cum spațiul fazelor în cosmologie este infinit, ipoteza de bază impusă pentru o Eternă Reîntoarcere nu este îndeplinită.

Un alt mod de a gândi despre de ce Eterna Reîntoarcere nu poate să apară într-un univers închis guvernat de relativitatea generalizată este acela de a ne reaminti faptul că astfel de universuri trebuie să înceapă şi să sfârşească în singularităţi de densitate infinită. Înainte şi după aceste singularităţi nu există timp; de aceea este lipsit de sens a se pune problema ce a fost înainte şi ce va fi după aceste singularităţi. (Mulţi oameni găsesc acest lucru dificil de înţeles chiar şi numai de ce aceste întrebări sunt fără sens. Gândiţi-vă astfel. Relativitatea generalizată se numeşte „generalizată" deoarece ecuaţiile de câmp sunt aceleaşi în *orice* sistem de coordonate. În particular, *orice* scală de timp este la fel de bună ca oricare alta. Astfel, să folosim drept scala noastră de timp chiar „impulsul" definit mai sus. Această scală de timp se numeşte „timpul York", după numele fizicianului relativist, americanul James York, care a demonstrat că folosirea unei astfel de scale de timp simplifică matematic ecuaţiile de câmp. Dar timpul York merge de la minus infinit, la singularitatea iniţială, către plus infinit, la singularitatea finală; în timpul York, universul a existat din totdeauna şi va exista mereu. Astfel, a întreba ce s-a întâmplat înainte de singularitatea iniţială este acelaşi lucru cu a întreba ce s-a întâmplat înainte ca un univers infinit să înceapă să existe. Desigur, e o prostie.)

Deoarece timpul este mărginit de cele două singularităţi, cea iniţială şi cea finală, şi deoarece între aceste două singularităţi universul evoluează fără să se repete – pe timpul dilatării sale, el se dilată tot timpul, devenind tot timpul mai mare, în timp ce pe durata contracţiei sale, ele se contractă mereu, devenind mereu mai mic – nu există nicio posibilitate ca universul să se poată repeta.[105]

Pentru Teorema de Nerevenire trebuie făcute trei ipoteze. Mai întâi, trebuie să presupunem că gravitaţia nu este niciodată repulsivă. Dacă ar fi vreodată repulsivă, să zicem, când universul este foarte mic, atunci universul ar

putea „sări" când s-a contractat până la o mărime suficient de mică, şi se redilată până la o dimensiune maximă şi se contractă din nou, această succesiune de dilatări, contracţii şi sărituri repetându-se la infinit. Într-un astfel de univers, o Eternă Reîntoarcere ar fi o posibilitate reală. Aşa am indicat mai sus, acest lucru nu se poate întâmpla dacă gravitaţia este mereu atractivă, deoarece gravitaţia atractivă va trage mereu un univers care se contractă într-o singularitate finală.

În al doilea rând, trebuie să presupunem că universul nu este atât de special încât să rămână pentru totdeauna static. Modelul cosmologic original al lui Einstein, universul static al lui Einstein, era de acest tip. Un univers static înseamnă că el revine la momentul următor. Este o revenire, dar, evident că nu una care poate să apară în universul nostru propriu. O fluctuaţie infinitezimală de oriunde, într-un univers einsteinian, ar provoca o dilatare veşnică sau o contracţie până la o singularitate, alt indiciu că revenirea universului einsteinian nu are suport fizic.

În al treilea rând, trebuie să presupunem că evoluţia universului este deterministă. Această ipoteză a fost făcută şi în cazul Teoremei de Recurenţă Cuantică şi în cazul Teoremei de Recurenţă a lui Poincaré, dar nu şi în cazul Teoremei de Recurenţă Markov. Ceea ce este remarcabil este faptul că în relativitatea generalizată determinismul conduce mai curând la nerevenire decât la revenire. Probabil că aceasta nu este o ipoteză esenţială deoarece, aşa cum discuţia mea asupra celor trei teoreme de recurenţă o clasifică, revenirea provine mai degrabă în realitate din finitudinea spaţiului de stare decât din determinism. Dar ipoteza determinismului uşurează aparatul matematic.

În relativitatea generalizată, analogiile pentru poziţie şi impuls sunt variabile continue, deci orice teoremă de revenire sau de nerevenire trebuie să fie enunţată în termeni de medii, ca în Teorema de Recurenţă Cuantică. Ceea ce susţine Teorema de Nerevenire este că, dacă cele trei ipoteze

de mai sus sunt satisfăcute, atunci media datelor inițiale care definesc starea universului la orice moment de timp nu poate fi niciodată apropiată de media datelor inițiale de acum. În Anexă voi da o demonstrație a acestei teoreme.

Triumful progresului

Dacă Eterna Reîntoarcere nu este permisă de fizica modernă şi dacă Moartea Termică poate fi de asemenea evitată, atunci progresul veşnic este totuşi posibil. Ambiția principală a acestei cărți este de a demonstra că un astfel de progres etern nu este doar posibil, ci şi inevitabil, ducând în final la salvarea noastră. Prin „progres" eu înțeleg că, în medie, viața se îmbunătățeşte. În cazul biosferei, ca întreg, progresul înseamnă o creştere în medie a numărului de nişe ecologice în timp şi creşterea inteligenței speciei celei mai inteligente care există la orice moment dat în univers. Din punctul de vedere al omului, progresul înseamnă o creştere a bogăției pe cap de locuitor, o creştere a duratei de viață medie, un spor de sănătate a unei persoane tipice, mai general spus o creştere a nivelului de trai. În plus, progres înseamnă şi un spor de cunoaştere. Progresul „veşnic" înseamnă că progresul va creşte literalmente nelimitat. Cunoaşterea va spori nemărginit, iar bogăția pe cap de locuitor va creşte până la infinit.

Progres *nu* înseamnă că nu pot fi niciodată şi regrese. Pământul a fost bombardat periodic de meteoriți giganți care în urma impactului au anihilat porțiuni imense din biosferă. Dinozaurii au fost distruşi probabil într-un astfel de prăpăd cu circa 70 de milioane de ani în urmă şi alte milioane de ani le-au trebuit mamiferelor să umple la loc nişele ecologice golite de aceste catastrofe în masă. Dar biosfera are mai multe de făcut decât să refacă pierderile

suferite prin aceste distrugeri. Cel mai inteligent animal la ora actuală de pe planetă, *Homo sapiens,* are un creier mult mai mare, comparativ cu mărimea corpului său, decât orice dinozaur care a existat vreodată. De asemenea, noi ştim din istoria omului că cunoaşterea nu a sporit întotdeauna. Aristarh a dezvoltat astronomia sa având Soarele drept centru al sistemului planetar cu secole înainte de naşterea lui Iisus, iar astronomia matematică a vechilor greci era suficient de avansată către secolul trei d.Hr. pentru a face pasul pe care astronomii europeni l-au făcut de fapt către sfârşitul secolului al XVI-lea şi începutul secolului al XVII-lea. Dar acest pas „următor" *nu* a fost făcut în secolul trei. În locul acestuia, astronomii şi matematicienii greci au fost uitaţi cu desăvârşire în Occident după căderea Imperiului Roman, iar acest pas următor a trebuit să aştepte un Copernic circa 13 secole mai târziu. În prezent, cunoaşterea noastră ştiinţifică este cu mult superioară oricărei perioade de dinaintea noastră. Ceea ce înseamnă că ideea de progres nu este o creştere monotonă, ci mai curând înseamnă că avansul va ieşi în evidenţă *în cele din urmă.* Propria noastră civilizaţie poate eşua în tentativa de a construi SSC-ul şi să vadă dacă particula Higgs există sau nu – aşa cum vom vedea în capitolul 4, existenţa particulei Higgs de o masă specială constituie o predicţie a Teoriei Punctului Omega – dar dacă noi nu reuşim, atunci o civilizaţie viitoare sigur va reuşi.

Progresul a fost o idee puternică în Occident încă de la grecii din secolul al V-lea î.Hr., aşa cum au demonstrat-o distinşii istorici Nisbet[106] şi Himmelfarb[107], dar şi-a atins maxima înflorire către sfârşitul secolului al XIX-lea. Doi gânditori ai acelei perioade, Herbert Spencer şi Friedrich Engels, au rezumat această credinţă în progresul final. Aceşti bărbaţi reprezintă cele două ramuri principale ale mişcării progresiste.

Herbert Spencer a crezut că progresul continuu ar veni din dezvoltarea continuă a pieței libere. El era un apărător intransigent al capitalismului. El s-a opus din răsputeri legilor salariului minim și celor privitoare la munca copiilor, argumentând că astfel de legi ar împiedica progresul (și că ar face mai mult rău oamenilor, aceste legi destinate să-i ajute). În opinia lui Spencer, forța conducătoare a progresului era creșterea heterogenității. O societate bazată pe piață liberă ar permite o creștere maximă a heterogenității, sau a diversității, manifestată într-o diviziune a muncii. O societate mai diversă ar deține mai multe cunoștințe decât o societate omogenă. Spencer, asemeni lui Darwin, era îngrijorat de Moartea Termică. El a recunoscut că nu există nimic mai omogen decât un univers întreg aflat la aceeași temperatură uniformă. Cu toate acestea, în *First Principles,* o carte în care el și-a rezumat filosofia sa, Spencer a susținut[108] că, deși sistemul solar ar sfârși în cele din urmă în omogenitate, forța gravitațională ar genera neomogenitate la scara stelelor și, astfel, progresul ar (putea) continua la aceste scale imense. Dacă aceasta înseamnă progresul care poate continua pentru totdeauna, Spencer a recunoscut că nu știe. Exista mereu posibilitatea ca sistemul sideral să fie limitat, că exista o limită la atingerea „eterului" (despre care oamenii de știință din secolul al XIX-lea credeau că este purtătorul razelor de lumină), caz în care universul nu ar fi progresiv, ci ciclic la cea mai mare scară de timp. Spencer nu a urmat implicațiile logice ale acestei Eterne Reîntoarceri prezise, așa cum a făcut-o Nietzsche. El a negat în mod explicit faptul că ciclul, dacă s-ar ivi, ar indica o revenire la o stare anterioară identică. El vedea ciclul ca „... mereu același în principiu, dar niciodată același în rezultatul concret".[109] Cu credința sa de nezdruncinat în progres, Spencer a simțit că ceva trebuia să fie greșit cu predicțiile despre Moartea Termică și Eterna Reîntoarcere. Așa cum vom vedea, mecanismul sugerat de Spencer pentru prelungirea progresului

dincolo de moartea sistemului solar, şi anume efectul gravitaţiei asupra întregului sistem stelar care este universul, va funcţiona. În Teoria Punctului Omega, sursa de putere ultimă o constituie gravitaţia, care acţionează la scară cosmică.

Friedrich Engels, împreună cu Karl Marx, este întemeietorul ramurii socialiste a mişcării progresiste. Atât Marx cât şi Engels erau în primul rând preocupaţi de organizarea socială a omului şi nu de ştiinţele naturale, dar în *Dialectica Naturii,* Engels a pus problema progresului veşnic:

> ...succesiunea de lumi veşnic repetată este doar complementul logic al coexistenţei unor nenumărate lumi în spaţiul infinit. ...Dar oricât de des şi oricât de implacabil este întregit acest ciclu în timp şi spaţiu, cu toate că milioane de sori şi de globuri pământeşti pot răsări şi apune, cu toate că el poate dăinui mult timp până ce să se dezvolte condiţiile pentru o viaţă organică, cu toate că nenumărate fiinţe organice care trebuie să apară şi să dispară până ce să se dezvolte din mijlocul lor animale cu creier capabile să gândească şi să găsească pentru o vreme condiţiile potrivite de viaţă, numai pentru ca mai târziu să fie exterminate fără milă, avem certitudinea că materia rămâne veşnic aceeaşi în toate transformările sale, că niciuna din atribuţiile ei nu se va pierde vreodată şi, prin urmare, că, cu aceeaşi necesitate de fier, ea va extermina pe Pământ cea mai înaltă creaţie a sa, mintea gânditoare, trebuie altundeva şi în alt timp să o producă din nou.[110]

La prima vedere, acest pasaj sună mai degrabă asemeni celui în care Nietzsche susţinea Eterna Reîntoarcere, decât un spaţiu în favoarea progresului etern. Totuşi, în această interpretare se pierde sensul afirmaţiei lui Engels. Aici, Engels încearcă să ofere mai curând o alternativă la Moartea Termică, decât să instituie Eterna Reîntoarcere. El

vrea să opună lipsa de speranță a morții veșnice prefigurată de Moartea Termică cu ideea încrezătoare, conform căreia eternitatea materiei și a energiei *garantează* viața care nu poate să dispară din cosmos pentru totdeauna. El a pierdut din vedere faptul – pe care Nietzsche nu l-a neglijat – că Eterna Reîntoarcere înlocuiește doar o formă de dispersare cu o alta. Totuși, *Dialectica Naturii* nu a fost dusă până la forma finală, deoarece Engels a murit înainte de completarea cărții. Deci, este foarte posibil ca Engels să fi modificat frazele citate cu un pasaj anticipând faptul că într-o zi fizicienii vor găsi o cale prin care să facă progresul la fel de veșnic ca și materia. J.B.S. Haldane, unul dintre geneticienii de marcă ai secolului al XX-lea, de asemenea marxist, a pretins în prefața sa la prima ediție în limba engleză din *Dialectica Naturii* că Engels era foarte aproape să o facă:

> În prezent [Haldane scria în 1940] fizicienii sunt divizați cu privire la această chestiune [destinul final al universului]. Câțiva iau în considerare viziunea lui Engels, faptul că universul merge prin modificări ciclice, entropia fiind cumva diminuată prin procese necunoscute în prezent (de pildă, formarea materiei din radiație în spațiul interstelar). Alții cred, asemeni lui Clausius, că [universul] se va prăbuși. Dar există o a treia posibilitate[111]... în 1936–1938 Milne și Dirac, în mod independent, au ajuns la concluzia că legile naturii, ele însele, evoluează și, în particular (după Milne), că modificările chimice sunt mai accelerate... în raport cu modificările fizice. Dacă este așa, atunci este cel puțin de conceput că acest proces poate fi suficient de rapid pentru a compensa răcirea stelelor și că viața nu poate deveni niciodată imposibilă...[112] [Aceasta] sugerează faptul că universul ca întreg are o istorie, deși probabil una infinită, atât în trecut și în viitor. Este aproape sigur că Engels ar fi primit cu bucurie această idee...[113]

Eduard A. Milne era un distins cosmolog englez al anilor 1930, profesor titular Rouse Ball la Universitatea Oxford (catedră pe care o deține astăzi Roger Penrose). Milne era conştient de faptul că realitatea generală permitea folosirea oricăror coordonate de timp şi că timpul propriu, care este cel mai potrivit timp în împrejurările de aici, pe Pământ, poate să nu fie cel mai potrivit timp fizic pentru univers ca întreg. El a susținut[114] că, deşi universul putea să existe pentru doar un timp propriu finit în ambele sensuri, trecut şi viitor, în timpul entropic universul putea avea o eternitate spre trecut şi viitor. Milne are dreptate cu privire la viitor, dar, aşa cum vom vedea, nu este nevoie să ne imaginăm faptul că legile fizicii se modifică lent pentru ca acest lucru să apară.

În plus, la cele de mai sus, Haldane a sprijinit cu mult mai devreme ideea progresului tehnic nelimitat într-o carte, scrisă exact după Primul Război Mondial, intitulată *Daedalus*. O discuție mai amplă despre progresul indefinit a apărut în *The World, the Flesh, and the Devil* de John Desmond Bernal, un cristalograf englez. Bernal, asemeni lui Haldane, era un marxist înfocat. Ideile sale reprezintă sursa ultimă a Teoriei Punctului Omega, deoarece cartea menționată l-a inspirat pe Freeman Dyson[115] să dezvolte prima teorie fizică în detaliu despre cum ar putea supraviețui viața veşnic, iar lucrarea lui Dyson mi-a inspirat-o pe a mea. Bernal a înțeles, aşa cum a făcut-o Spencer înaintea lui, că forțele de supraviețuire ale vieții trebuie să părăsească sistemul solar:

> Mai devreme sau mai târziu această presiune [epuizarea resurselor materiale din sistemul solar], sau poate ştirea despre inevitabila stingere a Soarelui ar forța vreo colonie [spațială] mai aventuroasă să se aşeze dincolo de granițele sistemului solar...[116] Este improbabil că omul se va opri până

> ce nu va fi colonizat mai tot universul stelar... În cele din urmă, omul nu va conteni doar să paraziteze alte stele, ci să le şi invadeze şi să le organizeze pentru propriile sale interese.

Bernal a fost primul care a sugerat că stelele – şi în particular Soarele – erau, din punctul de vedere al vieţii, risipitoare de energie. El a susţinut faptul că această risipă ar trebui stopată.

> O stea este în esenţă un rezervor imens de energie care se risipeşte atât de repede cât îi permite volumul său... Stelele nu pot fi lăsate să continue pe calea lor, ci vor fi transformate în motoare termice eficiente.[117]

Bernal are dreptate. În final, Pământul însuşi trebuie să fie transformat din ceea ce voi numi „realitatea ultimă" într-o realitate virtuală, din spaţiu real într-un spaţiu cibernetic (ciberspaţiu) al unei memorii de calculator. Dacă acest lucru nu este făcut înainte ca Soarele să părăsească principala succesiune, atunci nu numai că nu va mai fi mult până ce rezerva de energie totală a Soarelui să se risipească, dar şi Pământul va fi complet distrus, prin dilatarea Soarelui, fără nicio noimă. Anihilarea Pământului din spaţiul real este certă. Singura problemă este dacă această distrugere serveşte scopului final al supravieţuirii biosferei sau dacă este numai fără niciun sens. Vom vedea în ultimele capitole modul cum distrugerea Pământului poate contribui la supravieţuirea biosferei.

Cu toate acestea, Bernal nu era sigur că Moartea Termică ar putea fi evitată:

> ...Al Doilea Principiu al Termodinamicii care, aşa cum Jeans este încântat să ne sublinieze, va aduce în cele din urmă universul la un sfârşit dezordonat,

> poate că rămâne tot timpul factorul final. Dar printr-o organizare inteligentă, viața universului ar putea fi probabil prelungită încă milioane de milioane de ori din cât ar fi fără organizare. Şi apoi, suntem încă prea aproape de naşterea universului pentru a fi siguri de moartea sa.[118]

Bernal avea dreptate să fie suspect cu privire la Moartea Termică. Al Doilea Principiu mai rămâne încă factorul final, dar, aşa cum voi arăta în capitolul următor, energia de forfecare gravitațională din apropierea Punctului Omega este suficientă pentru a evita Moartea Termică. Punctul de vedere al lui Bernal despre forma dominantă de viață în viitorul ultim este aproape similară cu ideile pe care le voi dezvolta în ultimele capitole.

> Noua viață [ființe inteligente adecvate să supraviețuiască în spațiu fără complicații, cum ar fi hainele] ar fi mai plastică... mai variată şi mai permanentă decât cea produsă de oportunismul triumfător al naturii. Puțin câte puțin, moştenirea în direcția rasei umane – moştenirea vieții originale – s-ar împuțina şi în final ar dispărea efectiv, fiind păstrate poate ca nişte relicve curioase, în timp ce noua viață care nu conservă nimic din substanță, dar conservă întregul spirit al vechiului, i-ar lua locul şi ar continua dezvoltarea lui...[119] În final, conştiința însăşi poate sfârşi pierzând țesătura imediată a organismului, devenind mase de atomi în spațiu comunicând prin radiație şi în cele din urmă dezintegrându-se în întregime în lumină...[120] Rasei umane – vechii rase umane – i-ar fi lăsată stăpânirea necontestată a Pământului, spre a fi privită de locuitorii sferelor celeste cu o reverență ciudată.[121] Lumea cu oameni, o grădină zoologică cu oameni, o grădină zoologică atât de inteligent condusă încât locuitorii ei nu sunt conştienți că ei sunt acolo cu scopul observației şi experimentului.[122]

Pământul, de asemenea, va muri în realitatea ultimă. El va fi păstrat în memoriile de calculator, dar nu va deveni o grădină zoologică. În locul acesteia, noi, oamenii, avem un viitor mult mai interesant decât simple animale dintr-o grădină zoologică: noi, toți, vom fi înviați într-un viitor îndepărtat pentru a participa la evoluția întregului univers în Punctul Omega.

Termenul „Punct Omega" nu este luat din vreo lucrare a fizicienilor ca Bernal sau Dyson, ci mai curând din opera paleontologului Teilhard de Chardin. (Termenul este *singura* contribuție științifică a lui Teilhard la această carte. Prin urmare, el nu este menționat în Anexă.)

Pe lângă faptul că a fost un om de știință, Teilhard a fost și preot romano-catolic, membru al ordinului iezuit. În 1920 el a început să predice despre speculațiile sale asupra combinației dintre catolicism și evoluționism. Conducătorii ordinului iezuit l-au exilat în China pentru a împiedica discuțiile suplimentare asupra acestei idei în țara sa de naștere, Franța. Pe timpul vieții sale, i s-a interzis publicarea oricăreia dintre lucrările sale filosofice. Când catedra de paleontologie a devenit liberă la Collège de France, lui nu i s-a permis să candideze la acest post. El s-a mutat la New York City unde a murit în 1955. Exilat chiar și în moarte, el este înmormântat în cimitirul iezuit al neofiților, la circa 50 de mile de New York, departe de iubita sa Franță.[123] În anul morții sale, când ideile lui Teilhard despre creștinism au fost publicate, prietenii săi au răspândit în lung și în lat patosul vieții sale. Fără îndoială, acest lucru a condus la o vastă audiență mai plină de simpatie a ideilor sale decât au putut ele să fie primite altfel.[124] (Sau meritate.)

Teilhard deschide ceea ce este în general cea mai semnificativă lucrare filosofică a sa, *The Phenomenon of Man,* cu afirmația: „...dacă această carte este să fie înțeleasă, ea trebuie să fie citită nu ca o lucrare de metafizică, și mai puțin ca un soi de eseu teologic, ci pur și simplu ca un tratat

ştiinţific".[125] Criticii săi ştiinţifici – de pildă, evoluţionistul George Gaylord Simpson şi zoologul Sir Peter Medawar – l-au cercetat pentru a-i proba această afirmaţie. Într-adevăr, Teilhard a scris cartea într-un limbaj mai des întâlnit în tratatele de mistică religioasă decât în tratatele ştiinţifice. Medawar a fost atât de decepţionat de limbaj încât i-a imputat cărţii că „...nu poate fi citită fără o senzaţie de sufocare, respirând greu şi îmbătlind în jurul sensului ... marea parte a ei este o prostie, înşelând printr-o varietate de îngâmfări metafizice anoste, iar autorul lor poate fi scuzat pentru necinste doar pe baza faptului că, înainte de a-i amăgi pe alţii, el însuşi a îndurat mari suferinţi pentru faptul de a se fi amăgit pe sine".[126]

Cea mai mare parte a cărţii lui Teilhard reprezintă doar o descriere poetică despre istoria evoluţiei biosferei Pământului. Descrierea este una standard a sfârşitului de an 1930, când cartea a fost terminată în forma finală: unele organisme unicelulare se dezvoltă în organisme cu sisteme nervoase complexe, iar una dintre spiţe dobândeşte în final inteligenţă: apare astfel în cele din urmă „hominizarea lumii". Simpson şi Medawar nu au discutat această afirmaţie. Lucrul cu care ei nu au fost de acord este mecanismul ascensiunii vieţii propus de Teilhard.

Teilhard a susţinut faptul că „energia" a existat sub două forme de bază, „tangenţială" şi „radială". Cea dintâi este în mod esenţial energia măsurată de către fizician, în timp ce a doua poate fi privită ca un fel de energie psihică sau spirituală. Raţiunea lui Teilhard de a introduce această a doua varietate de energie era dublă: în primul rând, sistemul său cosmologic evoluează către o ordine din ce în ce mai înaltă a biosului pe măsura scurgerii timpului, iar acest lucru i s-a părut a fi interzis de Al Doilea Principiu al Termodinamicii (nu este adevărat), pe care el o admite ca guvernând evoluţia varietăţii uzuale de energie.[127] În plus, eventuala Moarte Termică prezisă de fizicieni nu ar deter-

mina nicio speranță de a avea Inteligența Finală în cosmosul fizic. Teilhard era conștient de faptul că, dacă survine Moartea Termică și dacă inteligența nu este complet dependentă de energia tangențială, aceasta trebuie să fie condamnată la pieire în final, indiferent cât de puternică devine. Energia sa radială constituie subiectul unei legi universale contrare celui de Al Doilea Principiu: energia radială devine mai concentrată, mai valabilă cu timpul și tocmai această concentrare este cea care conduce evoluția vieții omului aici și în viața de apoi.[128] Energia radială – energia psihică – este tot atât de omniprezentă ca și energia tangențială. Ea este prezentă în toate formele de materie, cel puțin la nivel elementar, și deci toate formele de materie posedă un tip de viață de nivel scăzut.[129]

Acest vitalism pare cam arhaic oamenilor de știință moderni, chiar ocult, deci neștiințific. Și într-adevăr, vitalismul lui Teilhard este complet greșit. Cu toate acestea, spre apărarea lui Teilhard, trebuie spus faptul că noi știm acum că el a planificat cartea *The Phenomenon of Man* în toamna anului 1938, dar a început să o scrie de fapt în toamna anului 1939. El a terminat-o în primăvara lui 1940. În plus, Teilhard scrisese versiuni[130] mai timpurii ale capodoperei sale în 1916, 1928 și 1930. După Ernst Mayr[131], una dintre creațiile sale, Sinteza Modernă – o teorie a evoluției pur mecanică – a fost dezvoltată în perioada 1936–1947. Aproape toate cărțile despre evoluție scrise între 1920 și 1930 – și totalitatea[132] celor scrise de evoluționiști francezi – au respins darwinismul. Un istoric al biologiei, francezul Ernest Boesiger, a afirmat că până în 1970 „Franța... [era] un fel de fosilă vie în respingerea teoriilor evoluționiste moderne: circa 95% din toți biologii și filosofii [erau] mai mult sau mai puțin opozanți ai darwinismului".[133]

Un darwinist nu a fost numit[134] la catedra de biologie evoluționistă de la facultatea de științe din Paris – cea mai de vârf în sistemul universitar francez – până în 1965 (!),

deşi catedra a fost înfiinţată în 1887. Unul dintre foarte puţinii darwinişti din Franţa, Georges Teissier, a spus[135] în 1958: „În anii mei de studiu la Universitate, darwinismul era considerat în mod curent o teorie *demodată* [sublinierea mea] şi niciun biolog din Franţa nu a crezut în mod real în selecţia naturală". Astfel, noţiuni ca „energie radială" reprezentau de fapt consensul majorităţii evoluţioniştilor la vremea când Teilhard a scris cartea sa şi a rămas şi la vremea când acesta a murit în 1955. Un om de ştiinţă poate fi proclamat cu tărie ca nefiind om de ştiinţă, atunci când adoptă punctul de vedere unanim al colegilor săi, indiferent.

Conform lui Teilhard, „...ideea de transformare *directă* [sublinierea lui] a uneia dintre cele două forme de energie în alta ... trebuie abandonată. Pe măsură ce încercăm să le cuplăm împreună, independenţa lor reciprocă devine la fel de clară ca şi corelaţia lor".[136] Deci, „energia radială" nu este în realitate o energie în sensul pe care îl înţelege un fizician. În ultimul capitol vom vedea că „energia radială" este similară, în realitate, cu un alt concept fizic, informaţia. De fapt, însuşi Medawar a subliniat în recenzia sa la cartea *The Phenomenon of Man* faptul că „...energia psihică, sau spirituală, sau radială a lui Teilhard poate fi egalată cu «informaţie» sau «conţinut informaţional» în sensul că a fost făcută rezonabil de exactă prin inginerii de comunicaţii".[137]

În cosmologia lui Teilhard, evoluţia nu se termină cu specia umană. Aşa cum viaţa neînţeleaptă acoperă Pământul pentru a forma *biosfera,* tot aşa viaţa gânditoare – *Homo sapiens* – a acoperit Pământul pentru a forma ceea ce Teilhard numeşte *noosfera,* sau pătura cogitativă. În prezent, noosfera este organizată dezlânat, dar coerenţa sa va spori pe măsură ce ştiinţa şi civilizaţia omului se dezvoltă, pe măsură ce „planetizarea" – termenului lui Teilhard – avansează. În final, în viitorul îndepărtat, energia radială va deveni total dominantă, sau mai degrabă independentă de energia tangen-

țială, iar noosfera va fuziona într-o ființă superinteligentă, *Punctul Omega.* Astfel, Punctul Omega reprezintă scopul final al arborelui vieții și în particular „lăstarul călăuzitor" al ei, specia umană. Așa cum spune Teilhard:

> Acesta va fi sfârșitul și împlinirea spirituală a Pământului.
>
> Sfârșitul lumii: revărsarea masivă a conștiinței interne peste cea a noosferei, care a atins simultan limita totală a complexității și centralității sale.
>
> Sfârșitul lumii: distrugerea echilibrului [Moarte Termică], detașarea minții, în sfârșit îndestulată, din matricea ei materială, astfel încât ea se va odihni de acum înainte cu toată greutatea sa pe Dumnezeul-Omega.[138]

Este o poezie drăguță, dar știința este cam neclară. Teilhard a afirmat că ar fi scris *The Phenomenon of Man* ca om de știință și de fapt unele proprietăți ale Punctului său Omega pot fi spicuite din alte fragmente ale cărții.

Prima proprietate a Punctului Omega: acesta permite speciei umane să se elibereze de moarte în general și de Moarte Termică în particular:

> Defectul radical al tuturor formelor de credință în progres, așa cum au fost ele exprimate în credo-urile pozitiviste, este acela că ele nu elimină în mod categoric moartea. Care este folosul detectării unui focar de orice fel în fruntea evoluției dacă acel focar poate și trebuie să se dezintegreze într-o bună zi? Pentru a satisface ultimele exigențe ale acțiunii noastre, Omega trebuie să fie independent de colapsul forțelor cu care este țesută evoluția... Astfel, ceva din cosmos scapă entropiei...[139]

A doua proprietate a Punctului Omega: acesta se află în viitorul ultim, nu în timp, ci pe *frontiera* întregului

timp viitor şi este limita tuturor secvenţelor temporale pe care acesta le trage înspre sine însuşi:

> Omega însuşi este... la sfârşitul întregului proces, în nu mai puţin decât această mişcare a sintezei care atinge apogeul. Mai trebuie să avem grijă şi să observăm că sub această faţetă de evoluţie, Omega nu se dezvăluie decât *jumătate din sine.* Fiind ultimul termen al seriei sale, el este *în afara întregii serii.* Nu doar o încoronează, ci o şi încheie... Dacă prin natura sa, acesta nu se eliberează de timp şi spaţiu pe care le adună împreună, atunci el nu poate fi Omega.[140] [Sublinierile lui Teilhard.]

A treia proprietate a Punctului Omega: acesta poate fi privit ca analogul *singularităţii* din punctul format în vârful ascuţit al unui con (iată de ce Omega se numeşte un „punct"):

> ... efectuând o serie de secţiuni din bază către vârful unui con, aria lor descreşte constant; apoi, brusc, printr-o altă deplasare infinitezimală, suprafaţa dispare, lăsându-ne cu un *punct* [sublinierea lui Tielhard]... ceea ce era înainte doar o suprafaţă centrată, a devenit un centru...[141]

A patra proprietate a Punctului Omega: acesta poate lua naştere numai într-un sistem geometric *finit şi mărginit* asemenea suprafeţei Pământului, deoarece numai în astfel de împrejurări specia umană este forţată să fuzioneze cu Punctul Omega: doar un sistem mărginit este nelimitat şi, deci, numai într-un astfel de sistem este posibilă comunicarea neîncetată.

> ... intervine un fapt ... rotunjimea Pământului. Limitarea geometrică a unei stele închise, ca o moleculă gigant, ... care ar trebui să devină a

> omenirii, dacă printr-o şansă vagă, aceasta ar fi fost liberă să se propage nedefinit pe o suprafaţă nelimitată, altfel spus să plece doar către suprafeţe înrudite intern cu ale sale ? Ceva de neînchipuit... Poate chiar mai nimic, dacă ne gândim la importanţa deosebită a rolului jucat în dezvoltarea sa de către forţele de compresiune.[142]

„Forţele de compresiune" despre care scrie Teilhard sunt forţele sociale care provin din comunicarea între fiinţele omeneşti. Din nou, tocmai această comunicare nelimitată este cea care conduce omenirea către Punctul Omega şi astfel generează Punctul Omega.

Lumea mărginită a lui Teilhard era Pământul finit. El nu credea că zborurile spaţiale vor fi vreodată un factor important în evoluţia viitoare a omenirii. Într-adevăr, aşa cum fragmentul precedent o clasifică, dacă omenirea ar fi eliberată din limitele Pământului finit, probabil că ea nu s-ar uni niciodată cu Punctul Omega. În 1951, Teilhard a subliniat acest lucru într-o conversaţie particulară cu Jean Hyppolite, profesor de filosofie la Sorbona:

> Urmând paşii lui Haldane, neomarxistul tinde să elibereze din perspectivele unei *expansiuni* vitale, cu alte cuvinte într-o *vitalizare* a *Totalităţii Spaţiului stelar*. Daţi-mi voie să subliniez puţin acest al doilea punct. Din punctul său propriu de vedere, marxistul îşi va apropia cu bucurie şi mintea deschisă ideea unei eshatologii pentru o societate fără clase în care Punctul Omega este conceput ca punctul de convergenţă naturală a omenirii. Dar să presupunem că îi reamintim faptul că Pământul nostru, datorită legilor implacabile ale entropiei, este destinat să piară: să presupunem că îl întrebăm care va fi consecinţa îngăduită omenirii într-o astfel de lume. Atunci el răspunde – în termenii în care H. G. Wells i-a folosit deja – prin oferirea perspectivelor de

> colonizare interplanetară şi intergalactică. Acesta este un fel de a evita noţiunea mistică de Parousia şi mişcarea gradată a umanităţii către o uniune ecstatică cu Dumnezeu.[143]

Nefiind cosmolog, Teilhard nu era conştient de posibilitatea că şi universul poate fi închis. Şi, în plus, că închiderea sa ar permite o eliberare de Moartea Termică. Aşa cum vom vedea în viitoarele câteva capitole, viaţa într-un univers închis va fi forţată, de necesitatea de a supravieţui, să tindă către sine însăşi şi sfârşitul timpului în Punctul Omega-Dumnezeu, un Punct Omega având *exact* cheia celor patru proprietăţi enunţate mai sus. Pentru aceste motive şi în onoarea concepţiei originale ale lui Teilhard numesc modelul meu cosmologic *Teoria Punctului Omega.*

Deşi opera lui Teilhard a inspirat numele Teoriei mele, conţinutul actual al Teoriei a fost inspirat de extraordinarul articol al lui *Freeman Dyson* din 1979 *Time Without End: Physics and Biology in an Open Universe.* Acest articol este important deoarece constituie prima încercare de a *calcula* riguros, folosind legile cunoscute ale fizicii, ce trebuie să facă viaţa pentru a supravieţui pentru totdeauna. Acolo unde Bernal, Haldane şi Teilhard au speculat doar, Dyson a calculat. Matematica sa a stabilit că supravieţuirea infinită este extrem de dificilă: ea nu poate să apară chiar în orice univers. Dar în felul acesta, Dyson a stabilit domeniul teologiei fizice, deoarece această dificultate extremă înseamnă faptul că Postulatul Vieţii Veşnice are consecinţe experimentale: postulatul poate fi adevărat numai dacă universul nostru propriu posedă anumite proprietăţi foarte speciale. Dyson atribuie Postulatul Vieţii Veşnice lui Bernal (şi în mai mică măsură lui Haldane), dar el afirmă[144] că ideea aplicării acestuia într-un viitor îndepărtat a luat-o dintr-un articol[145] al astrofizicianului Jamal Islam, care trăieşte în Bangladesh. Ceea ce a făcut Islam a fost să calculeze

cum ar evolua materia într-un univers care se dilată mereu. Dyson s-a întrebat la rândul său ce ar avea de făcut viața pentru a exista pe o materie care se comportă în acest fel.

Expresia „univers deschis" din titlul articolului lui Dyson are o semnificație pur tehnică. Există trei tipuri de bază de modele ale universului: universul deschis, universul plan şi universul închis. Un univers închis este ceea ce am luat în considerare până în prezent ca fiind propriul nostru univers: acesta posedă un volum finit, dar fără frontieră – este un analog tridimensional al sferei. Un *univers închis* va începe de la o singularitate inițială, se dilată până la o dimensiune maximă şi se conturează până la o singularitate finală. Un *univers deschis* este modelul pe care îl ia în considerație Dyson. El este infinit ca extindere spațială şi, deşi începe de la o singularitate inițială, se dilată la infinit (în timpul propriu). Într-un univers deschis există foarte puțină materie, deci în faze ulterioare el se dilată extrem de rapid: distanța dintre galaxii creşte liniar cu timpul propriu. Creşterea liniară a distanței semnifică faptul că gravitația nu reduce de tot dilatarea. Un *univers plan* este exact ca şi un univers deschis – este infinit ca extindere spațială şi se dilată la infinit, pornind de la o singularitate inițială – exceptând faptul că are suficientă materie astfel încât gravitația este întotdeauna semnificativă în reducerea dilatării, dar niciodată suficient de puternică pentru a o stăvili. Într-un univers plan, distanța dintre galaxii creşte cu rădăcina pătrată a timpului propriu.

Interesant este faptul că „influența filosofică" a lui Dyson era exact opusă celei lui Teilhard, care a crezut, ca şi mine, că viața poate evolua la infinit doar într-un univers închis. Dyson a desființat ideea vieții continuând la infinit într-un univers închis, într-un singur paragraf:

> Sfârşitul unui univers închis a fost studiat în detaliu de către Ress.[146] Cu regret trebuie să spun că nu

> putem scăpa, fără să ne frigem. Indiferent cât de adânc cercetăm misterele Pământului pentru a ne apăra noi înşine de radiaţia de fond deplasată spre albastru, nu putem decât amâna pentru câteva milioane de ani sfârşitul nostru mizerabil. Nu voi discuta în detaliu universul închis, deoarece îmi produce un sentiment de claustrofobie când mă gândesc la întreaga noastră existenţă, limitată de o cutie. Pot ridica doar o problemă care ne poate oferi o mică şansă de supravieţuire. Presupunând că descoperim universul ca fiind natural închis şi condamnat să colapseze, se poate imagina că printr-o intervenţie inteligentă, transformând materia în radiaţie care să curgă pe scară cosmică, putem oare crea o breşă în universul închis şi să modificăm topologia spaţiu-timpului astfel încât numai o parte a lui să colapseze, iar cealaltă parte să se dilate la infinit? Eu nu cunosc răspunsul la această întrebare.[147]

Dar eu cunosc răspunsul la întrebarea lui Dyson: nu este posibil. Mai exact, voi demonstra în Anexă că, dacă un univers închis începe să colapseze, dacă gravitaţia este tot timpul atractivă şi dacă determinismul este valabil, atunci fiecare parte a întregului univers, fără excepţie, colapsează la volum zero într-un timp propriu finit, în timp ce temperatura tinde către infinit. Nu există nicio cale prin care viaţa să poată opri acest colaps.

Dar stoparea colapsului este ultimul lucru pe care viaţa ar dori să-l facă. Însuşi colapsul universului este cel care permite vieţii să continue veşnic. Greşeala lui Dyson era cea de a presupune faptul că apariţia colapsului s-ar face absolut necesar cu aceeaşi viteză în toate direcţiile. Dacă s-a întâmplat acest lucru, atunci viaţa ar fi condamnată, dar, aşa cum am subliniat către sfârşitul capitolului 2, acest lucru nu se va întâmpla. Haosul din ecuaţiile lui Einstein înseamnă că un colaps cu aceeaşi viteză în toate direcţiile este extrem de

instabil şi implicit o istorie viitoare improbabilă. Colapsul cu viteze diferite pe direcţii diferite (acest lucru se numeşte „forfecare gravitaţională") înseamnă o diferenţă de temperatură pe direcţii diferite, iar această diferenţă de temperatură înseamnă putere pentru viaţă. O temperatură nelimitată înseamnă o putere nelimitată. O temperatură finită înseamnă o putere finită. Dar, desigur, viaţa va trebui să îşi modifice aspectul său pentru a supravieţui, crescându-şi permanent temperatura în apropierea Punctului Omega.

Dyson a înţeles că viaţa nu poate continua veşnic în forma ei prezentă, chiar într-un univers care nu colapsează, ci se dilată la infinit. Aceste universuri devin mai reci pe măsură ce se dilată, iar viaţa trebuie să se adapteze la condiţii mereu mai reci. Prin urmare, el a vrut să găsească o definiţie a „vieţii" care s-ar aplica nu numai vieţii terestre, ci şi vieţii din orice alte condiţii.

Eu cred că definiţia sa era mult prea brută pentru a permite concluzii generale. El a înţeles că viaţa era un obiect fizic care este „complex" şi că această complexitate este măsurată specific prin numărul de stări alternative posibile în care poate exista un sistem. Toţi fizicienii ştiu că entropia unui sistem este tot o măsură a numărului de stări alternative ale sistemului, deci Dyson a susţinut că această complexitate a unei fiinţe vii ar trebui să fie proporţională cu negativul entropiei sale. Eu cred că până aici afirmaţia lui e solidă.

Cu toate acestea, el a calculat apoi entropia unei fiinţe umane prin înmulţirea vitezei cu care un om cheltuieşte energia (circa 100 watts, aşa cum am demonstrat în capitolul 2) cu temperatura corpului şi cu o secundă, timpul fiind după estimarea sa de lungimea unei „clipe de conştiinţă". Acest produs de trei numere, transformat în biţi de informaţie, a fost numit de Dyson „Q". Pentru un om, $Q = 10^{23}$. Procedeul lui Dyson pare a fi mai curând arbitrar. Cea mai mare parte a consumului energetic uman se efectuează pentru păstrarea constantă a temperaturii corpului.

Noi suntem animale cu sânge cald, dar, evident, căldura sângelui nu reprezintă o mărime esențială pentru definirea vieții. Totuși, această metodă particulară de a calcula complexitatea, mai curând complexitatea însăși, stă la baza întregii teorii a lui Dyson. El deduce din această metodă că viteza cu care este folosită energia pentru viață trebuie să fie proporțională cu pătratul temperaturii, iar viteza la care viața are experiențe noi este proporțională cu temperatura. Nu există niciun motiv, totuși, să credem că fiecare dintre acestea sunt în general valabile.

Cu toate acestea, Dyson avea dreptate în privința vieții ca o formă a complexității și a faptului că scala de timp specifică nu este timpul propriu, ci viteza cu care viața are experiențe noi. Dar atât viteza de modificare a complexității, cât și complexitatea pot fi măsurate direct, fără a ne bate capul cu metoda lui Dyson de a o calcula. Astfel, eu voi folosi aceste măsurători standard în propria mea definiție despre Postulatul Vieții Veșnice din capitolul următor și vom vedea că aceste măsurători standard anulează multe dintre concluziile lui Dyson. De exemplu, cu scala de timp subiectivă proporțională cu temperatura, potrivit lui Dyson ar exista numai o cantitate finită de timp subiectiv dintre momentul de acum și Big Crunch, într-un univers închis care colapsează. Cu toate acestea, eu voi arăta că, utilizând mărimile fizice standard de măsurare a complexității, este posibil a fi produsă o cantitate infinită de complexitate și, deci, o cantitate infinită de timp subiectiv, între momentul de acum și Punctul Omega, chiar dacă există doar o cantitate finită de timp propriu. Progresul *poate* continua la infinit, într-un univers închis.

„Influența filosofică" a lui Dyson împotriva universului închis spațial i-a inspirat titlul celebrei sale cărți în care descrie teoria sa despre Viața Veșnică, *Infinite în All Directions.*[148] Totuși, universul deschis *nu* este infinit după toate direcțiile. Deși este spațial infinit, el este *finit* în spațiul

impulsurilor: pretutindeni, în acest univers există o limită superioară universală a energiei. Acest lucru este important, deoarece starea universului este dată de poziția spațiului fazelor şi nu numai de poziția spațiului configurațiilor. Complexitatea poate creşte nelimitat într-un univers închis prin folosirea stărilor energetice din ce în ce mai înalte pentru codificarea informației. De asemenea, din punctul de vedere al vieții, infinitatea spațiului configurațiilor este numai o iluzie. Dacă universul este aproximativ acelaşi pretutindeni, atunci, dacă viața călătoreşte suficient de departe în orice direcție, ea va ajunge într-un teritoriu cu altă formă de viață. Astfel, cantitatea de materie disponibilă pentru urmaşii noştri este finită, în afara cazului când ei ar aduce aceasta de altundeva. Acest lucru nu se întâmplă într-un univers închis, deoarece spațiul impulsurilor pe care îl vor folosi eventual urmaşii noştri este în mod normal neocupat de cineva. Iar energia totală disponibilă tinde către infinit, deci există din belşug pentru oricine.

Unii evoluționişti contemporani au mers dincolo de respingerea unui mecanism care conduce viața către forme mai înalte (în Sinteza Modernă nu există un astfel de mecanism), la respingerea ideii de progres însăşi. Cel mai susținut atac asupra ideii de progres în evoluție vine dinspre paleontologul de la Harvard, Stephen J. Gould: „Progresul reprezintă o idee nocivă, înțepenită cultural, netestabilă, neoperațională şi refractară, care trebuie să fie înlocuită, dacă vrem să înțelegem modelele istoriei".[149] Gould susține că datele de paleontologie nu sprijină ideea că progresul a apărut pe parcursul evoluției. Eu afirm contrariul, că datele pe care le citează Gould conțin dovezi ale „progresului", în sensul în care acest termen este folosit în această carte: adică, informația înmagazinată în biosferă creşte cu timpul, cel puțin în medie. Gould pierde ideea de progres din informațiile sale, deoarece, ca paleontolog, lui îi lipseşte

cunoaşterea matematicii şi fizicii care sunt necesare pentru a interpreta corect aceste informaţii.

Argumentul central al lui Gould împotriva progresului din analiza fosilelor este ilustrat de abordarea sa cu privire la modificarea temporală în distribuţiile de frecvenţe pentru EQ (coeficient de encefalizare, care înseamnă raportul dintre greutatea creierului şi cea a corpului, normat la media stabilită pentru clasa respectivă pe perioada de timp aflată în studiu) pentru carnivore şi copitate din timpul Terţiarului. (Grosier vorbind, cu cât EQ este mai mare, cu atât animalul este „mai deştept".) Ceea ce s-a observat este faptul că distribuţiile de frecvenţe EQ sunt mereu distribuţii gaussiene trunchiate (trunchiate, deoarece EQ-ul pentru orice animal trebuie să fie pozitiv – nu este posibil ca greutatea unui creier să fie negativă).

Cu toate acestea, deşi media distribuţiilor creşte cu timpul, cresc şi abaterile standard. Tot cu timpul, există membri din grupă care au EQ-ul aproape zero. După cum scrie Gould:

> Cu siguranţă, distribuţiile se deplasează – atât medianele, cât şi mediile; dar principala trăsătură a schimbării constă într-o netezire şi întindere a domeniului distribuţiei de frecvenţă, în general nu o creştere pentru toate neamurile care au un strămoş comun...
> Viaţa a început în simplitate; acest fapt de structură a înzestrat „maşina entităţii" cu doar o singură direcţie deschisă; pentru complexitate este un câmp imens, dar între primele fosile şi orice altceva mai simplu şi conservat în informaţia geologică există prea puţin spaţiu. Unde altundeva, atunci, decât sus, în coada dezvoltării asimetrice a variaţiei?[150]

Răspunsul la întrebarea lui Gould este „jos", desigur. Ceea ce s-a putut întâmpla este faptul că distribuţi

de frecvență poate fi ciclică în timp: ea începe cu medie mică și o întindere îngustă, își crește media sa și întinderea până la maxim, iar apoi descrește media sa și întinderea, până ce distribuția de frecvență a revenit la cea originală. Cu alte cuvinte, o Eternă Reîntoarcere este logic posibilă. Un exemplu de distribuție de frecvență care se comportă în chiar această manieră ciclică este densitatea de probabilitate a unui oscilator armonic cuantificat într-o singură dimensiune. În Anexă am făcut o expunere matematică amănunțită a acestui model, dar concluzia este simplă: informațiile citate de către Gould sunt majoritatea interpretate direct ca progres *liniar*. Informațiile lui Gould *nu* sunt ciclice; Eterna Reîntoarcere a distribuției de frecvență a oscilatorului armonic nu este prezentă, deși în principiu aceasta ar putea să fie.

Este interesant faptul că însuși Gould nu se poate abține să nu folosească limbajul „progresiv" atunci când descrie lucrarea – lui Jerison – făcând aluzie la *atac*, când e vorba de noțiunea de progres:

> America de Sud oferă un experiment natural pentru a testa această afirmație [că creșterea dimensiunilor creierului la majoritatea mamiferelor era condusă de cursa înarmărilor din creiere, dintre erbivorele și carnivorele care le-au prădat]. Până când a apărut istmul Panama cu doar câteva milioane de ani în urmă, America de Sud era un continent insular izolat. Carnivorele *avansate* [sublinierea mea] nu au ajuns niciodată pe această insulă, iar rolul de răpitor era îndeplinit de marsupialele carnivore cu coeficienți de encefalizare scăzuți. Aici, erbivorele nu prezintă nicio creștere a dimensiunii creierului în timp. Coeficientul lor mediu de encefalizare a rămas sub 0,5 în tot Terțiarul; mai mult decât atât, aceste erbivore erau rapid eliminate, atunci când carnivorele *avansate* [din nou, sublinierea mea] traversau istmul, venind din America de Nord.[151]

Gould nu a folosit cuvântul „avansate" doar pentru a descrie mamiferele carnivore care au invadat America de Sud, venind din America de Nord, doar că nu era alt cuvânt de ales. Cuvântul „placentar" putea să fie folosit în locul lui „avansate" şi ar fi conţinut aceeaşi informaţie. Mai degrabă, scăparea sa de condei era datorată înţelegerii sale tacite a faptului că acele carnivore placentare erau maşini mai complicate decât marsupialele carnivore care au locuit în America de Sud până la apariţia istmului Panama.

Eu aş putea să adaug faptul că Gould chiar descrie mecanismul care a condus la progresul coeficientului de encefalizare:

> Animalele care îşi duc viaţa prin prinderea prăzii, alergând iute, par a avea nevoie de creiere mai mari decât consumatoarele de plante. Şi, cum creierele erbivorelor au crescut mai mari (probabil sub imensa presiune a selecţiei, impusă de răpitorii lor carnivori), carnivorele au evoluat şi ele, de asemenea, mărindu-şi creierele pentru a menţine diferenţa.[152]

(Cu toate acestea, mie nu îmi este clar de ce acelaşi mecanism nu s-ar aplica şi la interacţia dintre marsupialele erbivore şi cele carnivore din America de Sud. Pentru acelaşi motiv, mamiferele din America de Sud nu s-au angajat în acelaşi tip de cursă a înarmărilor.)

Într-un alt articol, Gould spune povestea încercării marelui naturalist din secolul al XIX-lea, elveţianul-american Louis Agassiz, de a respinge teoria evoluţionistă a lui Darwin. Agassiz credea că adâncurile oceanelor furnizează condiţii constante pe durata întregii istorii terestre şi, deci, a gândit că teoria lui Darwin ar implica faptul că organismele din adâncuri ar fi cele mai primitive creaturi ale oricărui grup. Gould remarcă: „Persistenţa formelor simple în con-

dițiile constante din adâncuri ar trebui să satisfacă teoria evoluționistă a lui Darwin, ca şi Dumnezeul lui Agassiz [adevărat]. Dar adâncurile nu sunt constante, iar viața lor nu este *primitivă*[153] [sublinierea mea şi din nou adevărat, deşi Gould n-ar admite acest lucru niciodată]".

Majoritatea evoluționiştilor contemporani nu sunt reacționari antiprogresişti ca Gould. Cel mai remarcabil evoluționist englez este probabil John Maynard Smith care, într-o recentă recenzie a unei lucrări a lui Gould, şi-a exprimat explicit dezacordul față de acesta privind progresul: „Eu cred că progresul s-a întâmplat, deşi găsesc că este greu de definit precis ceea ce înțeleg eu".[154] Comentând datele lui Gould, Maynard Smith a ajuns aproape de definiția pe care o voi folosi pretutindeni în această carte: „Acesta seamănă cu progresul ... în sensul unei creşteri a informației transmise de generații".[155] Potențial, toți evoluționiştii moderni sunt de acord asupra contingenței evoluției – de exemplu, evoluția „creaturilor cognitive" nu este inevitabilă.

Ceea ce tinde să crească în timp (în medie) este complexitatea, sau echivalent informația codificată, prin cele mai complexe specii ale unui gen dat, sau ordin, clasă etc.[156] Evoluționistul Raup a susținut[157] progresul în acest sens – s-a observat că longevitățile taxonilor cresc de-a lungul istoriei geologice, iar aceasta înseamnă o creştere a abilității de a nu eşua, datorită unei capacități sporite de a se adapta la modificările mediului înconjurător şi datorită unei mai mari complexități a sistemului nervos. Sunt complet de acord – şi, aşa cum am susținut în capitolul precedent, complexitatea sistemului nervos uman este cea care va face posibilă eliberarea vieții de cea mai mare provocare a mediului înconjurător, distrugerea Pământului de către Soare. De asemenea, am arătat în capitolul precedent că viața poate continua încă 10^{18} ani. Acum, voi arăta că ea poate continua veşnic, la nesfârşit.

fizica din preajma stării finale: teoria clasică a punctului omega

Definiția pentru „Viață", „Persoană" și „Suflet" în limbajul calculatorului

Pentru a investiga faptul dacă viața poate continua să existe veşnic, voi avea nevoie să definesc „viața" în limbajul fizicii. Afirm că o „ființă vie" este orice entitate care codifică informația (în sensul fizic al acestui cuvânt), informația codificată fiind conservată de către selecția naturală. Astfel, „viața" este o formă de procesare a informației, iar mintea omenească – şi sufletul omenesc – este un program de calculator foarte complex. În particular, o „persoană" este definită ca fiind un program de calculator care poate trece testul Turing, care s-a discutat în capitolul 2.

Această definiție a „vieții" este puțin diferită de ceea ce o persoană medie – şi un biolog mediu – ar gândi că ar fi „viața". Într-o definiție tradițională, viața este un proces complex bazat pe chimia atomului de carbon. Totuşi, chiar partizanii acestei definiții tradiționale admit faptul că cuvintele-cheie sunt „proces complex" şi nu „atom de carbon". Cu toate că entitățile despre care fiecare este de acord că acestea sunt „vii", deoarece se întâmplă să se bazeze pe chimia

carbonului, nu există niciun motiv să se creadă că procese similare nu se pot baza pe alte sisteme. De fapt, biochimistul englez A.G. Cairns-Smith[1] a sugerat faptul că primele ființe vii – strămoșii noștri ultimi – se bazau pe cristale metalice și nu pe carbon. Dacă acest lucru este adevărat, atunci, dacă insistăm pe faptul că ființele vii trebuie să se bazeze pe chimia carbonului, am fi nevoiți să tragem concluzia că strămoșii noștri ultimi nu erau vii. În teoria lui Cairns-Smith, strămoșii noștri ultimi erau autoreproduceri ale defectelor din cristalele metalice. Peste timp, modelul reproducerii a persistat, dar s-a transferat într-un alt substrat: moleculele de carbon. Lucrul cu adevărat important nu este substratul, ci modelul, iar modelul nu este decât un alt nume pentru *informație*.

Desigur, viața nu este un model static. Ceea ce persistă de-a lungul timpului este mai degrabă un model dinamic. Acesta este deci un proces. Dar nu toate procesele sunt vii. Trăsătura cheie a structurilor „vii" este aceea că persistența lor se datorează unui feed-back cu mediul lor înconjurător: informația codificată în structură variază continuu, dar variația este constrânsă la un domeniu îngust de către acest feed-back. Deci, așa cum am afirmat, viața este informație conservată de selecția naturală.

Această definiție a vieții are unele consecințe contra intuitive. În 1986, John D. Barrow și cu mine am subliniat[2] faptul că aceasta însemna că automobilele erau vii. Ele se autoreproduc în fabricile de automobile, utilizând mecanici umani. Dar reproducerea lor nu este autonomă; ele au nevoie de un factor extern lor. Dar tot astfel procedează și oamenii: pentru a face un copil, este nevoie de un factor biochimic extern numit „uter". Reproducerea lor necesită alte specii vii. Tot astfel se efectuează reproducerea plantelor: astfel de plante folosesc albine pentru polenizare și animale care să disperseze semințele lor. Virușii necesită întregul aparat al celulei pentru a se reproduce. Forma automobilelor în

mediul lor înconjurător este conservată de selecția naturală: există o luptă înverșunată pentru supraviețuire între diferite „rase" de automobile. Automobilele din Japonia și Europa concurează cu automobilele autohtone din America pentru resurse puține – bani pentru fabricat – care vor duce la mai multe automobile construite, fie americane, fie japoneze și europene. După definiția mea a vieții, nu numai automobilele, ci toate mașinile – în particular calculatoarele – sunt vii. (Cu toate că, desigur, automobilele nu sunt „persoane".)

În același an în care Barrow și cu mine am publicat această afirmație, că automobilele sunt vii, biologul Richard Dawkins, de la Universitatea din Oxford, a publicat și el exact aceeași afirmație. Pe prima pagină a celebrei sale cărți, *The Blind Watchmaker,* Dawkins scrie: „calculatoarele și mașinile... vor fi tratate în această carte ca obiecte biologice. Reacția cititorului poate fi «Bine, dar sunt ele *cu adevărat* obiecte biologice?» Cuvintele nu sunt stăpânii noștri, ci servitorii noștri". În aceeași carte, Dawkins se referă la mașini ca „obiecte onorifice vii".[3] Într-o carte mai timpurie, *The Selfish Gene* (*Gena egoistă*), Dawkins spune că ideile din mintea omenească ce sunt conservate de selecția naturală „... ar trebui privite ca structuri vii, nu doar metaforic, ci chiar tehnic".[4] Biologul Dawkins a ajuns la aceeași definiție a vieții ca și a mea: viața este informație conservată de selecția naturală. Orice încercare de a reduce viața la fizică se va sfârși inevitabil cu aceeași definiție.

Este extrem de important ca definiția mea despre viață să nu fie prost înțeleasă. Cea mai imediată reacție a oamenilor la definiția mea este de tipul „Desigur, este mai important să trăiești decât să procesezi pur și simplu informație, introducând date într-un calculator și lăsând mașina de calcul să «râșnească» mai departe. Acest lucru poate fi suficient pentru o mașină – sau un calculator-rob – dar oamenii reali sunt de departe mult mai complecși. Ei muncesc pentru o viață, ascultă muzică, fac conversații cu

alții, se gândesc la înțelesul existenței, se închină la Dumnezeu, dezvoltă relații profunde și iubitoare cu ceilalți, cresc copii. O grămadă de timp este cheltuit fără să faci nimic, doar jucând cu un calculator – iată un gând oribil!".

Sunt întru totul de acord. *Este* un gând oribil. Dar nu este eshatologia pe care o propun. Punctul crucial este acela că, la cel mai elementar nivel fizic al detaliilor practice, toate activitățile menționate mai sus ale oamenilor „reali" sunt de fapt *toate* niște timpi de procesare a informației. Acțiunile umane de ascultare, reflecție, bucurie, rugăciune și iubire sunt procese mentale și corespund activității mentale din creier. Cu alte cuvinte, la nivel *fizic* ele sunt procesări ale informației și nimic altceva. Dar la nivel *uman,* ele nu sunt „procesări ale informației", reci și austere, ci ascultare, reflecție, bucurie, rugăciune și iubire cald-umane. Pe deasupra, natura esențială – la nivel fizic – a tuturor celorlalte activități umane este o procesare a informației. Rezultatul este că legile fizicii plasează constrângeri asupra procesării informației și, deci, asupra activităților și existenței vieții. Dacă legile fizicii nu permit procesarea informației dintr-o regiune a spațiu-timpului, atunci viața nu poate să existe acolo. Invers, dacă legile fizicii permit procesarea informației dintr-o regiune, atunci este posibil pentru unele forme de viață să existe acolo. Aceste limitări și oportunități sunt analoage celor impuse de hrană la nivel biologic. La nivel uman, în mod cert nu se pot reduce toate experiențele umane la a mânca; mâncarea este doar una dintre multele activități umane, și de fapt alte activități sunt mult mai importante (oricum, pentru majoritatea dintre noi). Dar condiția prioritară pentru aceste alte activități este aceea de a avea suficientă mâncare. Fără mâncare, nu vor exista ascultare, bucurie, reflecție, rugăciune și iubire. În mod similar, o discuție despre viitorul vieții trebuie să fie consistentă cu ideea că viața este o procesare a informației la nivel fizic.

Deci, voi presupune că viața merge înainte la nesfârșit dacă și mașinile de un anumit tip pot continua să existe la nesfârșit. Ceea ce este important este structura, și nu substratul.

În realitate există o uimitoare similitudine între ideea de rațiune ca program de calculator și ideea medieval-creștină de „suflet". Ambele sunt fundamental „imateriale": un program este o succesiune de numere întregi, iar un întreg – să zicem 2 – există „abstract" ca clasă a tuturor perechilor. Simbolul „2" scris aici este o *reprezentare* a numărului 2 și nu chiar numărul 2 însuși. De fapt, d'Aquino (urmându-l pe Aristotel) a definit *sufletul* ca fiind „forma activității trupului". În limbaj aristotelic, cauza *formală* a unei acțiuni este cauza abstractă, ca opusă cauzelor materiale și eficiente. Pentru un calculator, programul este cauza formală, în timp ce cauza materială o constituie proprietățile materiei din care este făcut calculatorul, iar cauza eficientă o constituie deschiderea și închiderea circuitelor electrice. Pentru d'Aquino, un suflet omenesc avea nevoie de un trup pentru a gândi și a simți, exact cum un program de calculator are nevoie de un calculator fizic pentru a funcționa.

D'Aquino a gândit sufletul ca având două facultăți: factor intelectual (*intellectus agens*) și intelect receptiv (*intellectus possibilis*), primul fiind abilitatea de a achiziționa concepte, iar al doilea, abilitatea de a reține și de a utiliza concepte. Distincții similare sunt făcute și în teoria calculatoarelor: regulile generale cu privire la procesarea informației codificate în procesorul central sunt analoage factorului intelectual; programele codificate în RAM, sau pe o bandă, sunt analoage intelectului receptiv. (Într-o mașină Turing, analogiile sunt regulile generale ale manipulării simbolului codificat în dispozitivul care imprimă sau șterge simboluri pe o bandă în funcție de instrucțiunile de pe bandă.) În plus, cuvântul „informație" provine din noțiunea de „formă" a lui Aristotel–d'Aquino: noi suntem „informați"

dacă intelectului receptiv îi sunt adăugate forme noi. Chiar şi semantic, teoria informaţiei a sufletului este aceeaşi ca şi teoria lui Aristotel–d'Aquino.

Ce înseamnă viaţa să existe de-a pururi?

Acum ştim cum să definim viaţa folosind limbajul teoriei informaţiei. Pentru a-l defini pe „de-a pururi" vom avea nevoie de teoria relativităţii. Să ne amintim că, în relativitate, spaţiul şi timpul sunt integrate într-o singură entitate numită spaţiu-timp. Spaţiul-timp se prezintă convenţional printr-o diagramă Minkowski, desenată în figura 4.1.

Într-o diagramă Minkowski, axa verticală este timpul, iar axa orizontală este spaţiul. Cum spaţiul şi timpul sunt acelaşi lucru, ar trebui ca acestea, amândouă, să fie măsurate în aceleaşi unităţi. Timpul se măsoară în ani, deci spaţiul se va măsura în ani-lumină. În aceste unităţi naturale, viteza luminii este unitară: c = 1, deoarece lumina se deplasează cu o viteză de un an-lumină pe an. Istoria razei de lumină apare astfel în diagrama Minkowski sub forma unei linii drepte, înclinată la 45° faţă de axa verticală (timpul). Istoria unui obiect care nu se deplasează deloc este în diagrama Minkowski o linie verticală. Un obiect care este fie staţionar, fie se deplasează mai încet decât viteza luminii – toate corpurile reale aparţin acestei categorii, deoarece nimic nu poate depăşi viteza luminii – este o curbă a cărei tangentă este întotdeauna mai mică de 45° faţă de verticală. Această curbă în spaţiu-timp se numeşte *linie de univers*.

Desigur, figura 4.1 este mai curând înşelătoare. Ea are doar o singură axă spaţială. În realitate există trei dimensiuni spaţiale şi una temporală, astfel că spaţiul-timp este un spaţiu cu 4 dimensiuni. În figura 4.2 este realizată o repre-

zentare mai realistă: două dimensiuni spațiale împreună cu axa verticală care este timpul.

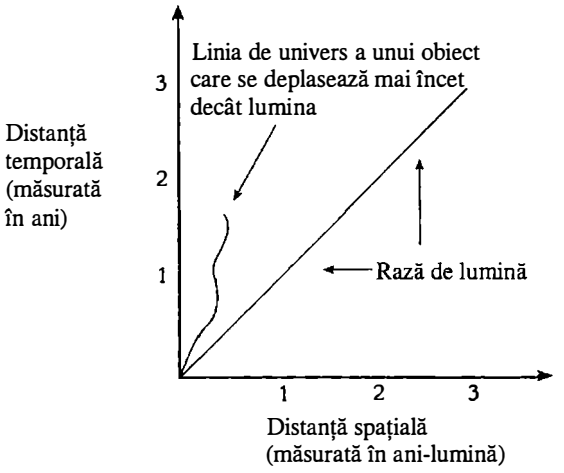


Fig. 4.1. Diagramă Minkowski pentru spațiu-timp. Axa verticală este direcția timpului, iar axa orizontală este una a direcții lor spațiale. Figura utilizează „unități naturale" în care distanța se măsoară în ani-lumină, iar timpul în ani. În aceste unități, viteza luminii este 1 (ani-lumină pe an). Prin urmare, o rază de lumină care pornește din originea sistemului de coordonate se va deplasa cu o unitate de timp pentru fiecare unitate de spațiu. Aceasta înseamnă că o rază de lumină se reprezintă sub forma unei linii cu pantă unitate: este o linie înclinată la 45° față de verticală. Un obiect care este staționar, fie deplasându-se mai încet decât viteza luminii, este reprezentat printr-o curbă înclinată cu mai puțin de 45° față de verticală. O astfel de curbă este desenată și în figură, iar această curbă reprezintă astfel istoria obiectului în spațiu-timp. O astfel de curbă se numește o linie de univers.

Mulțimea tuturor acestor istorii ale razelor de lumină care pornesc dintr-un punct al spațiu-timpului – un astfel de punct se numește *eveniment* – formează un con. Dacă acest con este un set de raze de lumină deplasându-se către viitor,

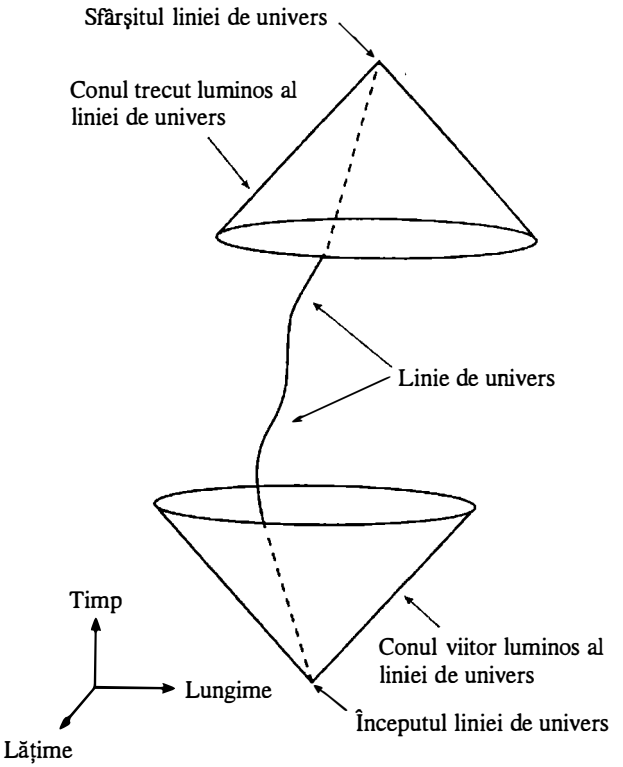


Fig. 4.2. O linie de univers cu viitorul şi trecutul conurilor sale de lumină. În această figură a fost adăugată o altă dimensiune spaţială în diagrama Minkowski faţă de figura precedentă. Cele două axe orizontale sunt cele două dimensiuni spaţiale, iar axa verticală este dimensiunea timpului. Lumina care pleacă dintr-un punct al spaţiu-timpului nu era decât o linie în figura precedentă, iar acum este un con, *conul de lumină.* În figură este desenată o linie de univers a unui obiect care există pentru un timp finit – gândiţi această linie de univers ca linia de univers a unei fiinţe umane. Limita tuturor punctelor din spaţiul-timp care pot trimite semnale către fiinţa umană este formată de *conul trecut luminos.* Limita tuturor punctelor din spaţiul-timp către care omul poate trimite semnale este formată de *conul său viitor luminos.*

conul se numeşte *conul viitor luminos*. Dacă însă conul este un set de raze de lumină deplasându-se dinspre un eveniment către trecut, atunci conul se numeşte *conul trecut luminos*. O linie de univers poate, de asemenea, să definească conurile luminoase trecut şi viitor.

Aşa cum poate fi văzut în figura 4.2, mulţimea tuturor evenimentelor spaţio-temporale care pot influenţa linia de univers (să trimită semnale către ea) este chiar mulţimea evenimentelor din interiorul şi de pe conul trecut luminos al liniei de univers, iar mulţimea evenimentelor pe care linia de univers le poate influenţa este mulţimea tuturor evenimentelor din interiorul şi de pe conul viitor luminos al liniei de univers. Niciun eveniment (punct al spaţiu-timpului) care este în afara conului trecut luminos al liniei de univers nu poate influenţa linia de univers, deoarece nimic nu se poate deplasa mai repede decât lumina. Pentru a înţelege aceasta, să ne imaginăm că linia de univers este istoria dumneavoastră proprie. Dacă sunteţi între 20 şi 40 de ani, aveţi alţi 50 sau 60 de ani lăsaţi pe linia dumneavoastră de univers. Să presupunem că o persoană de pe orbita din jurul stelei Betelgeuse a hotărât să semnaleze astăzi Pământul. Cum Betelgeuse este la circa 500 de ani-lumină depărtare de noi, este nevoie de cel puţin 500 de ani pentru ca acest semnal să ajungă la noi, deoarece semnalul trebuie să se propage cu o viteză egală sau mai mică decât cea a luminii. Dumneavoastră veţi fi atunci morţi demult. Astfel, evenimentul spaţiu-timp „acum la Betelgeuse" este în afara conului trecut luminos al liniei dumneavoastră de univers.

Linia dumneavoastră de univers are punct final bine definit în spaţiul-timp: linia dumneavoastră de univers se termină odată cu moartea dumneavoastră. Dar noi ne putem imagina linii de univers care nu au astfel de puncte finale. Astfel de linii de univers se numesc *viitor fără sfârşit*. Liniile de univers ale viitorului fără sfârşit, asemenea propriei dumneavoastră linii de univers, definesc conuri trecut

luminoase. Conul trecut luminos al propriei dumneavoastră linii de univers este exact acelaşi cu conul trecut luminos al punctului final al liniei dumneavoastră de univers (*v.* fig. 4.2). Cu toate acestea, acest lucru nu este adevărat şi pentru liniile de univers ale viitorului fără sfârşit: ele nu au puncte finale în spaţiu-timp, prin definiţie. Totuşi, noi putem gândi aceste linii de univers ale viitorului fără sfârşit, definind „puncte" – aceste puncte nu sunt evenimente *în* spaţiu-timp, ele fiind mai curând puncte de pe limita spaţiu-timpului. Ele sunt puncte care definesc sfârşitul timpului. Acum, două linii de univers ale viitorului fără sfârşit pot avea diferite conuri trecut luminoase sau pot avea acelaşi con trecut luminos. Roger Penrose a propus folosirea acestei diferenţe pentru a defini mulţimea de puncte ale acestei limite a spaţiu-timpului. Şi anume, Penrose spune că două linii de univers ale viitorului fără sfârşit nimeresc acelaşi punct de pe *frontiera–c* viitoare a spaţiu-timpului, dacă ambele linii de univers definesc un acelaşi con trecut luminos. Dacă acele două linii de univers definesc diferite conuri trecut luminoase, ele nimeresc puncte diferite de pe frontiera-c viitoare. Mai exact, un punct de pe frontiera-c viitoare *este* conul trecut luminos pentru linia de univers a viitorului fără sfârşit, considerat ca o unitate. (Să ne amintim că, pentru o linie de univers cu un punct final în spaţiul-timp, conul trecut luminos era definit de punctul său final viitor. Conul luminos este definit unic de către acest punct final şi, invers, punctul final este definit unic de conul luminos. Astfel, fiecare punct din spaţiu-timp ar putea fi privit ca identic cu conul trecut luminos însuşi. Dar când operăm această identitate, conul luminos poate fi considerat ca o unitate, şi nu ca fiind făcut din punctele sale individuale.) Figura 4.3 ilustrează frontiera-c (litera „c" este prescurtarea pentru „cauzal", deoarece punctele sunt definite de către conurile luminoase care împart evenimentele în cele care pot avea un efect cauzal pe liniile de univers şi cele care nu pot).

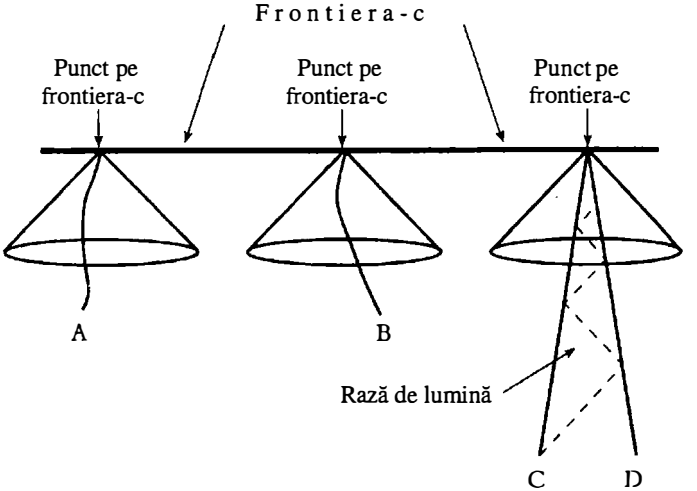


Fig. 4.3. Frontiera-c a lui Penrose. Liniile de univers care merg către sfârşitul timpului definesc puncte pe frontiera-c. Astfel de linii de univers se numesc *viitor fără sfârşit*. Linia groasă neagră este frontiera-c viitoare. Două linii de univers pentru viitor fără sfârşit definesc puncte distincte pe frontiera-c, dacă acele două linii de univers au conuri trecut luminoase distincte. Corespunzător celor 3 puncte distincte de pe frontiera-c, sunt desenate 4 linii de univers distincte. Liniile de univers A şi B au conuri trecut luminoase diferite şi, deci, definesc două puncte diferite pe frontiera-c. Liniile de univers C şi D au, în schimb, *acelaşi* con trecut luminos şi, deci, definesc acelaşi punct pe frontiera-c. Liniile întrerupte asociate liniilor de univers C şi D sunt raze de lumină care merg înainte şi înapoi între aceste două linii de univers. Două linii de univers distincte pentru viitor fără sfârşit vor avea acelaşi con trecut luminos dacă şi numai dacă lumina poate trece înapoi şi înainte între cele două linii de univers de un număr *infinit* de ori. Deci, astfel de linii de univers sunt *întotdeauna* în contact cauzal. Frontiera-c viitoare va fi un singur punct dacă şi numai dacă *fiecare* linie de univers a viitorului fără sfârşit este *întotdeauna* în contact cauzal *cu fiecare altă* linie de univers a viitorului fără sfârşit.

Deci, viața este o procesare a informației și evident că ea trebuie să reușească pe tot parcursul către frontiera-c, dacă se poate spune că ea există de-a pururi. Acest lucru conduce la

Definiție: Voi spune că viața continuă de-a pururi dacă:

(1) procesarea informației continuă indefinit de-a lungul a cel puțin o linie de univers γ pe drumul către „frontiera-c" viitoare a universului, adică până la sfârșitul timpului.

(2) cantitatea de informație procesată între acum și această frontieră-c viitoare este infinită în regiunea spațiu-timpului cu care linia de univers γ poate să comunice; adică, regiunea din interiorul conului trecut luminos a lui γ.

(3) cantitatea de informație stocată la orice moment de timp dat τ din această regiune tinde către infinit, când τ se apropie de limita de viitor (această limită viitor a lui τ este finită într-un univers închis, dar infinită într-unul deschis, dacă τ se măsoară în ceea ce fizicienii numesc „timp propriu").

Cele de mai sus reprezintă o descriere grosieră a definiției mai tehnice dată în Anexă. Dar să neglijăm pentru moment detaliile. Ceea ce este important sunt motivele fizice (și etice) pentru impunerea fiecăreia dintre cele trei condiții de mai sus. Rațiunea pentru Condiția 1 a fost deja dată: ea stabilește simplu faptul că trebuie să existe cel puțin o istorie în care viața (= procesare de informație) nu se sfârșește niciodată.

Condiția 2 ne spune două lucruri. Întâi, că informația procesată este „numărată" numai dacă acest lucru este posibil, cel puțin în principiu, pentru a comunica rezultatele socotelii către istoria γ. Acest lucru este important în cosmologie, deoarece chiar orizonturile abundă. Într-un univers închis Friedmann, care constituie modelul standard (dar mult simplificat) al universului nostru actual, fiecare observator pierde abilitatea de a trimite semnale luminoase către un alt observator, indiferent cât de aproape. Evident, viața ar deveni imposibilă dacă o parte a unui creier devine pentru totdeauna incapabil să comunice cu cealaltă parte. Viața înseamnă organizare, iar organizarea poate fi menținută doar printr-o comunicare constantă între diferitele părți ale organizării. Al doilea lucru pe care ni-l spune Condiția 2 este acela că valoarea informației procesate între acum și sfârșitul timpului este în realitate infinită. Afirm că acesta este înțelesul faptului că viața există *de-a pururi,* numai dacă numărul gândurilor generate între acum și sfârșitul timpului este în realitate infinit. Dar noi știm că fiecare „gând" corespunde unui minim de un bit procesat. În fapt, această parte a Condiției 2 este o afirmație a faptului că durata timpului este cel mai complet măsurată de viteza de gândire, mai degrabă decât de timpul propriu măsurat de ceasurile atomice. Lungimea timpului necesară unei ființe inteligente de a procesa un bit de informație – de a gândi un gând – este o măsură directă a timpului „subiectiv" și, deci, este cea mai importantă măsură a timpului din perspectiva vieții. O persoană care a gândit de zece ori așa, sau a experimentat de zece ori (nu există o diferență fundamentală fizic între aceste opțiuni) tot atât cât o persoană medie, ea a trăit într-un sens fundamental de zece ori cât persoana medie, chiar dacă vârsta cronologică a persoanei rapid-gânditoare este mai scurtă decât media.

Distincția dintre timpul propriu și cel subiectiv crucială pentru Condiția 2, este izbitor similară cu distinc-

dintre cele două forme ale duratei în filosofia tomistă. D'Aquino distingea trei tipuri ale duratei. Prima era *tempus,* care este timpul măsurat prin schimbarea relațiilor (poziții, de exemplu) dintre corpurile fizice de pe Pământ. *Tempus* este analog timpului propriu; modificarea din mințile omeneşti şi a ceasurilor atomice este proporțională cu timpul propriu şi, de asemenea, pentru d'Aquino *tempus* controla modificările din mințile corporale. Dar în filosofia tomistă, durata pentru ființele sensibile *necorporale* – îngeri – nu este controlată de materie, ci mai degrabă măsurată de modificarea stărilor mentale ale acestor ființe. Acest al doilea tip de durată, numit *aevum* de către d'Aquino, este în mod clar analog cu ceea ce am numit eu „timp subiectiv". *Tempus* devine *aevum* când sensibilitatea scapă de limitele materiei. În mod analog, Condiția 2 impune ca vitezele de gândire să fie controlate tot mai puțin de timpul propriu pe măsură ce τ se apropie de limita sa viitor. În viitor, *tempus* devine treptat *aevum.*

Al treilea tip al duratei tomiste este *aeternitas:* durata experimentată doar de Dumnezeu. *Aeternitas* poate fi gândit ca o „experimentare" a tuturor evenimentelor *tempus* şi *aevum* din trecut, prezent şi viitor, din univers, toate deodată. De fapt, definiția clasică pentru *aeternitas* a fost dată de filosoful creştin Boethius (480–524 î.Hr.) în cartea sa *Consolation of Philosophy* (pe care a scris-o în închisoare, aşteptând execuția pentru trădare): *„Aeternitas igitur est interminabilis vitae tota simul et perfecta possessio...*: Prin urmare, eternitatea este posesia completă şi perfectă a vieții nelimitate, toată deodată".[5] Dar mai mult despre *aeternitas,* mai târziu.

Condiția 3 se impune deoarece, deşi Condiția 2 este necesară pentru ca viața să existe de-a pururi, ea nu este suficientă. Dacă un calculator cu o cantitate limitată de informație înmagazinată – să ne amintim din capitolul 2 că aceasta înseamnă că este o *maşină cu stări finite* – ar fi să

opereze veşnic, ea ar începe să se repete la nesfârşit. Cosmosul psihologic ar fi cel al Eternei Reîntoarceri al lui Nietzsche. Fiecare gând şi fiecare succesiune de gânduri, fiecare acţiune şi fiecare succesiune de acţiuni ar fi repetate nu o dată, ci de un număr infinit de ori. Am arătat pe larg în capitolul precedent că un astfel de univers ar fi din punct de vedere moral respingător şi lipsit de înţeles. Chiar mai devreme decât Sf. Augustin (al cărui atac asupra Eternei Reîntoarceri l-am consemnat în capitolul precedent), primul mare teolog creştin, Origen, a respins[6] ideea că „Iisus va veni din nou să viziteze această viaţă şi va face exact aceleaşi lucruri pe care le-a făcut, nu o dată, ci de un număr infinit de ori, conform ciclurilor". Părintele bisericii, Sf. Clement, a respins de asemenea Eterna Reîntoarcere din exact aceeaşi raţiune.[7] Toţi teologii creştini sunt de aceeaşi părere: cosmosul creştin este unul progresiv.

Eterna Reîntoarcere poate fi evitată numai dacă pe lângă Condiţia 2 este adevărată şi Condiţia 3. Origen a scos în evidenţă faptul că o astfel de Eternă Reîntoarcere ar goli de sens ţelurile omului (şi aceasta l-a condus la a respinge ideea reîncarnării[8]). De asemenea, pare rezonabil să spunem că „subiectiv" o maşină cu stări finite există doar un timp finit, chiar dacă ea poate exista pentru un timp propriu infinit şi poate procesa o cantitate infinită de date. O fiinţă (sau o succesiune de generaţii), care poate fi într-adevăr considerată că există de-a pururi, este probabil capabilă fizic, cel puţin în principiu, să aibă experienţe noi şi să gândească gânduri noi.

Să vedem acum dacă legile fizicii vor permite vieţii/procesării informaţiei să continue de-a pururi. John von Neumann şi alţii au arătat că procesarea informaţiei (mai exact, stocarea ireversibilă a informaţiei) este constrânsă de Primul şi Al Doilea Principiu al Termodinamicii. Astfel, stocarea unui bit de informaţie necesită cheltuirea unei cantităţi minime de energie disponibilă, această cantitate

fiind invers proporțională cu temperatura (*v.* Anexa, pentru formula exactă). Aceasta înseamnă că este posibil de a procesa şi de a stoca o cantitate infinită de informație între acum şi starea finală a universului numai dacă integrala temporală a lui P/T este infinită, unde P este puterea utilizată în calcul, iar T este temperatura. Astfel, legile termodinamicii vor permite în viitor procesarea unei cantități infinite de informație, cu condiția să existe suficientă energie disponibilă la toate momentele de timp din viitor.

Ce înseamnă „suficientă", acest lucru depinde de temperatură. În universul deschis şi plat în expansiune, temperatura tinde către zero, în limita timpului infinit, deci este necesară tot mai puțină energie pe bit procesat odată cu scurgerea timpului. De fapt, în cazul universului plat, este suficientă doar o cantitate totală *finită* de energie pentru a procesa un număr infinit de biți. Această energie finită trebuie doar să fie utilizată în mod judicios pe durata viitorului infinit. Pe de altă parte, universurile închise sfârşesc într-o singularitate finală de densitate infinită, iar temperatura tinde către infinit pe măsură ce este atinsă această singularitate finală. Aceasta înseamnă că în apropierea singularității finale este necesară o cantitate de energie mereu crescătoare. Cu toate acestea, aproape toate universurile închise suferă o „forfecare", atunci când recolapsează, ceea ce înseamnă că ele se contractă cu viteze diferite, pe direcții diferite. Aşa cum am menționat în capitolul 2, această forfecare dă naştere la o diferență a temperaturii radiației pe direcții diferite, iar această diferență de temperatură poate produce suficientă energie liberă pentru o cantitate infinită de procesare a informației dintre acum şi singularitatea finală, chiar dacă există numai o cantitate *finită* de timp propriu între acum şi sfârşitul timpului, într-un univers închis. Astfel, deşi un univers închis există numai pentru un timp propriu finit, cu toate acestea el poate exista pentru un timp subiectiv infinit,

care este măsura timpului şi care e semnificativ pentru fiinţele vii.

În majoritatea universurilor închise, forfecarea nu va fi suficientă pentru a genera puterea necesară. Cu toate acestea, există un tip special de univers închis în care energia produsă prin forfecare este suficientă. Există universuri închise care colapsează pe o singură direcţie, în timp ce restul, în esenţă de aceeaşi mărime, pe alte două direcţii. Astfel de universuri se numesc *universuri Taub,* după numele matematicianului Abraham Taub, de la Universitatea din California, care le-a descoperit primul. (Am avut şansa de a-i fi lui Abe asistent postdoctoral în anul 1970). Figurile 4.4 şi 4.5 ilustrează colapsul unui univers Taub, precum şi diferenţa de temperatură în acest univers Taub.

Figurile 4.4 şi 4.5 redau un colaps pe aceeaşi direcţie. Universul seamănă tot mai mult cu o sferă turtită (termenul tehnic este „sferoid turtit la poli"). În realitate, această formă este o formă foarte instabilă de colaps. Ceea ce se întâmplă aproape întotdeauna este că universul s-ar forfeca mai întâi pentru un timp scurt, apoi revine la o formă mai sferică, iar apoi începe colapsul de tip Taub pe o altă direcţie, aşa cum este desenat în fig. 4.6.

Cu toate acestea, *dacă* viaţa a cotropit deja universul înainte de a fi început colapsul Taub, această instabilitate poate fi utilizată pentru a continua colapsul Taub pe aceeaşi direcţie cu universul, devenind mult mai turtit la poli decât s-ar fi întâmplat fără intervenţia vieţii. Viaţa va dori să facă acest lucru – viaţa *va trebui* să facă acest lucru – pentru a maximiza diferenţa de temperatură pe direcţii diferite. Să ne amintim din capitolul 2 că raportul temperaturilor este egal cu raportul dimensiunilor universului pe direcţii diferite. Cu cât este mai mare diferenţa de temperatură, cu atât mai mare este energia disponibilă pentru viaţă. Aşa cum am discutat în capitolul 2, energia pentru viaţă provine fundamental din colapsul universului ca întreg. Energia disponibilă tinde

către infinit pe măsură ce universul tinde către zero ca dimensiune şi către infinit ca temperatură şi densitate. În mod paradoxal, universul *trebuie* să se sfârşească într-o singularitate finală, într-un timp propriu finit, dacă viaţa ar fi să supravieţuiască pentru un timp subiectiv infinit.

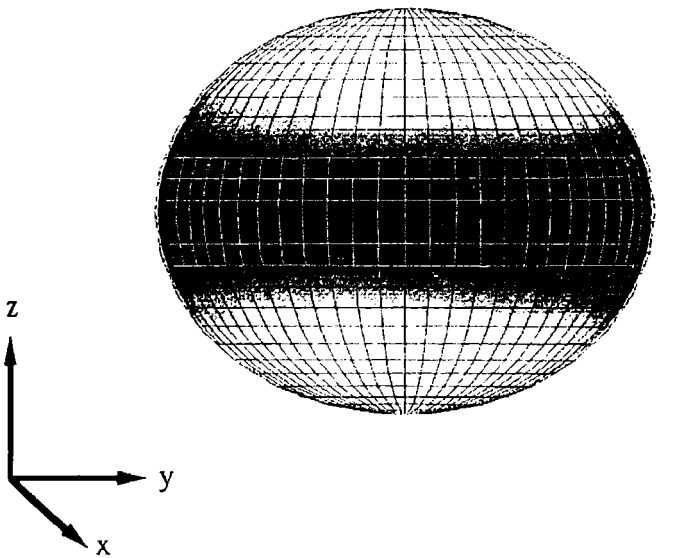


Fig. 4.4. Un univers închis contractându-se prin forfecare. Universul se contractă cu viteze diferite pe direcţii diferite, conducând la o formă de „sferă turtită". (Termenul tehnic este „sferoid turtit la poli".) Forma corespunde unui aşa-zis univers Taub în care universul colapsează pe o direcţie, în timp ce restul colapsează pe alte două direcţii. Temperatura este mai mare pe direcţia mai scurtă decât pe direcţiile mai lungi, iar această diferenţă de temperatură este cea care alimentează energia pentru ca viaţa să existe de-a pururi în timpul subiectiv. Temperatura mai mare corespunde umbrelor mai slabe. Ecuatorul este negru, deci se află la cea mai scăzută temperatură. Polii Nord şi Sud sunt albi, deci se află la cea mai ridicată temperatură.

Teste experimentale ale Teoriei Punctului Omega

Cu toate că legile termodinamicii permit Condiţiilor 1...3 să fie satisfăcute în universul deschis şi cel plat, acest lucru nu înseamnă că şi alte legi ale fizicii o vor permite. Aşa cum am discutat în capitolul 3, Freeman Dyson a evidenţiat[9] faptul că, deşi energia este disponibilă într-un univers deschis şi în cel plat, procesarea informaţiei trebuie să fie îndeplinită pentru volume proprii din ce în ce mai mari. În ultimă instanţă, acest fapt face imposibilă orice comunicare dintre părţi opuse ale regiunii „vii" ale universului plat, deoarece deplasarea spre roşu implică faptul că în

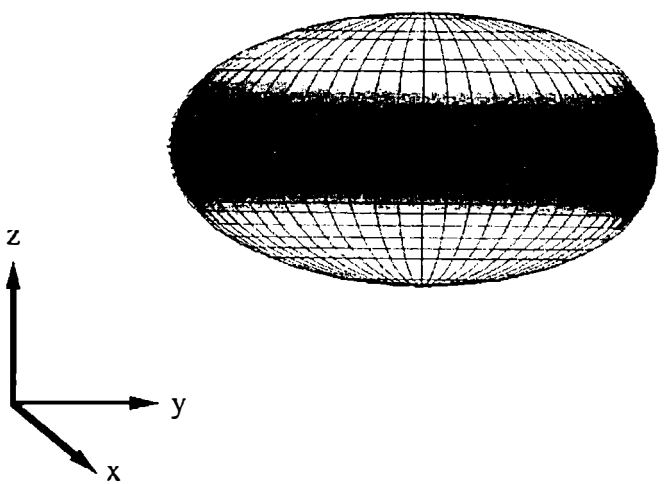


Fig. 4.5. A doua figură care ilustrează colapsul unui univers Taub. Universul a fost făcut mai mic pe o direcţie faţă de figura precedentă, dar celelalte direcţii au rămas la aceeaşi dimensiune. Polii Nord şi Sud sunt mai fierbinţi decât în figura anterioară, în timp ce ecuatorul este la aceeaşi temperatură ca şi înainte.

mod arbitrar cantități mari de energie trebuie să fie folosite pentru a trimite semnal, iar Dyson a arătat că doar o cantitate finită de energie este disponibilă. Pe de altă parte, universurile deschise se dilată atât de rapid în viitorul îndepărtat încât devine imposibil structurilor de a forma mărimi suficient de mari, tot mai mari, pentru a stoca o cantitate diversă de informație. Acest lucru stabilește

Prima Predicție Testabilă a Teoriei Punctului Omega: universul trebuie să fie închis.

Cu toate acestea, există o problemă de comunicare în majoritatea universurilor închise – apar chiar orizonturi

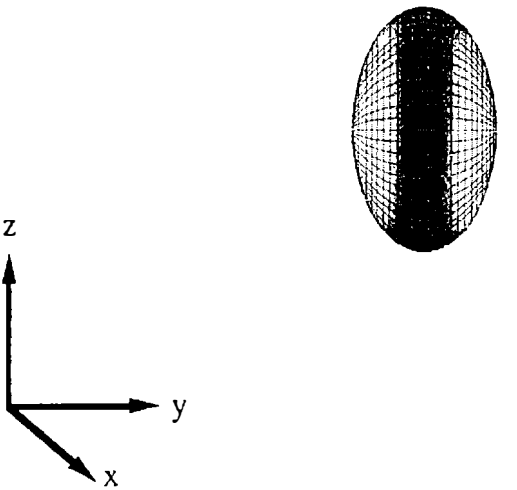


Fig. 4.6. Al treilea cadru, ilustrând colapsul unui univers cu forfecare. Acum, universul este mai scurt pe toate direcțiile față de cele două figuri precedente. Ca și în cele două figuri anterioare, universul colapsează în maniera universului Taub, dar de data aceasta o altă direcție corespunde direcției de colapsare. Ca și în figurile precedente, temperatura mai mare corespunde umbrelor mai slabe.

eveniment tipice, împiedicând în felul acesta comunicarea. *Orizonturile eveniment* sunt suprafețe în spațiu-timp care împart spațiul-timp în regiuni ce pot comunica cu un observator aflat în regiuni ce nu pot comunica. Orizontul eveniment pentru orice observator din viitorul fără sfârșit este deci conul său trecut luminos, după cum reiese clar din figura 4.3. Dacă universul este închis, atunci, în prezent, el este foarte aproape de a fi de aceeași mărime pe toate cele trei direcții – noi spunem că este *izotrop.* Dacă el ar rămâne izotrop pentru tot restul istoriei sale, atunci frontiera-c a sa ar avea aceeași topologie ca și secțiunile sale spațiale: el ar fi o sferă tridimensională. O modalitate convenabilă de a ilustra totalitatea spațiu-timpului este *diagrama Penrose.* O diagramă Penrose pentru un univers închis Friedmann dominat de materie este reprezentată în fig. 4.7.

Un *univers Friedmann* este un spațiu-timp izotrop și omogen peste tot. *Dominat de materie* înseamnă doar că toată atracția gravitațională este datorată masei de repaus a materiei. Nu există presiuni la scări mari. Universul nostru apare ca fiind de acest tip și într-un astfel de univers este posibil pentru razele de lumină sau rachetele relativiste să ajungă pe partea cealaltă a universului, chiar ușor după ce recolapsarea începe, așa cum am discutat în capitolul 2. Pe de altă parte, dacă majoritatea materiei gravifice ar fi sub formă de lumină, atunci am fi într-un *univers dominat de radiație.* Un astfel de univers s-ar dilata mult mai rapid decât un univers dominat de materie: lumina și rachetele relativiste ar fi capabile să parcurgă doar jumătate din drumul până la punctul de la antipod, înainte de a începe colapsarea. Acest lucru ar fi o veste nefavorabilă pentru viață. Aceasta nu ar fi în situația de a controla evoluția universului crucial de la începerea recolapsării. Dacă n-am ști că universul este dominat de materie, atunci eu aș adăuga aceasta ca pe o predicție.

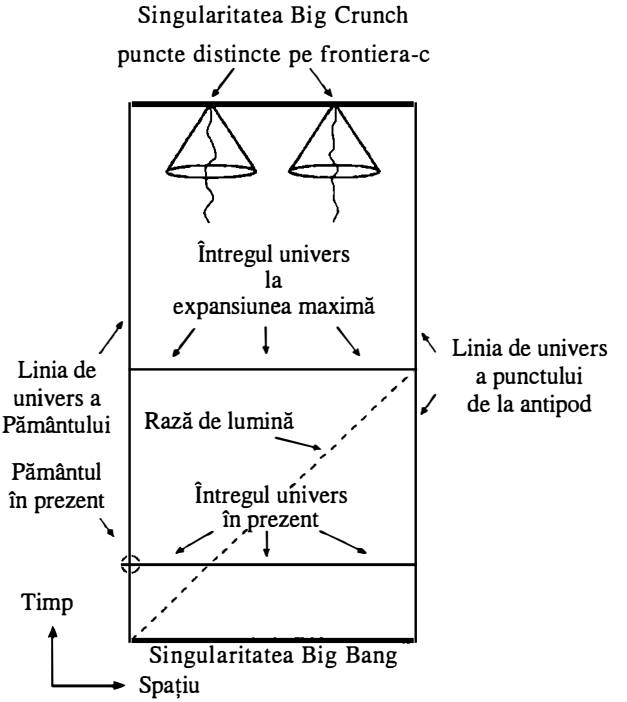


Fig. 4.7. Diagrama Penrose pentru un univers Friedmann dominat de materie cu o topologie spațiala S^3, o sferă tridimensională. Diagrama Penrose ilustrează întregul univers în ambele sale dimensiuni, spațială şi temporală. Dimensiunea verticală este timpul, iar dimensiunea orizontală este spațiul. Singularitatea inițială Big Bang, când a început timpul, este reprezentată ca o linie orizontală groasă. Cele două linii verticale reprezintă liniile de univers ale Pământului şi, respectiv, ale punctului de la antipod. Linia orizontală subțire din apropierea bazei figurii reprezintă întregul univers aşa cum este acesta acum. Cercul situat la intersecția liniei de univers a Pământului şi a universului actual reprezintă Pământul de acum. Într-o diagramă Penrose, ca şi într-o diagramă Minkowski, razele de lumină sunt reprezentate ca linii înclinate sub un unghi de 45°. O rază de lumină care părăseşte Pământul la Big Bang soseşte la punctul de la antipod în momentul de maximă expansiune. În

partea de sus a diagramei Penrose, singularitatea Big Crunch final este reprezentată sub forma unei linii orizontale groase. Toate liniile de univers trebuie să nimerească la Big Crunch. Deci, timpul se sfârşeşte la Big Crunch. Două linii de univers ale obiectelor deplasându-se mai încet decât lumina sunt redate în figură nimerind în singularitatea Big Crunch. Cele două linii de univers sunt închise de conurile lor trecut luminoase. Cum aceste conuri sunt evident distincte, ele definesc puncte diferite pe frontiera-c. Este evident că fiecare linie verticală distinctă defineşte un con trecut luminos distinct în singularitatea Big Crunch şi, astfel, topologia singularităţii Big Crunch este aceeaşi cu topologia întregului univers de acum: o sferă tridimensională. Singularitatea iniţială Big Bang este, de asemenea, o sferă tridimensională. Acest lucru este reprezentat utilizând conuri viitor luminoase în locul conurilor trecut luminoase.

Aproape toate universurile închise au orizonturi eveniment. Universul Taub are şi el astfel de orizonturi. Dar există o clasă rară de universuri închise care nu au orizonturi eveniment. Absenţa orizonturilor eveniment înseamnă, prin definiţie, că fiecare linie de univers poate trimite întotdeauna semnale luminoase către fiecare altă linie de univers. Aceasta implică faptul că toate liniile de univers au acelaşi con luminos trecut care, prin urmare, trebuie să fie egal cu întregul spaţiu-timp. Dar aceasta înseamnă că frontiera-c a acestor rare universuri închise fără orizonturi eveniment trebuie să fie un singur punct. Astfel, avem

> **A Doua Predicţie Testabilă (?) a Teoriei Punctului Omega:** frontiera-c viitoare a universului constă dintr-un singur punct; să-l numim **Punctul Omega.** (Deci, numele teoriei.)

Diagrama Penrose pentru un spaţiu-timp terminându-se într-un Punct Omega este ilustrată în figura 4.8.

În Anexă am descris un univers Friedmann simplu cu un Punct Omega. Un astfel de model este totuşi nefizic, deoarece el necesită presiuni negative, ceea ce înseamnă că

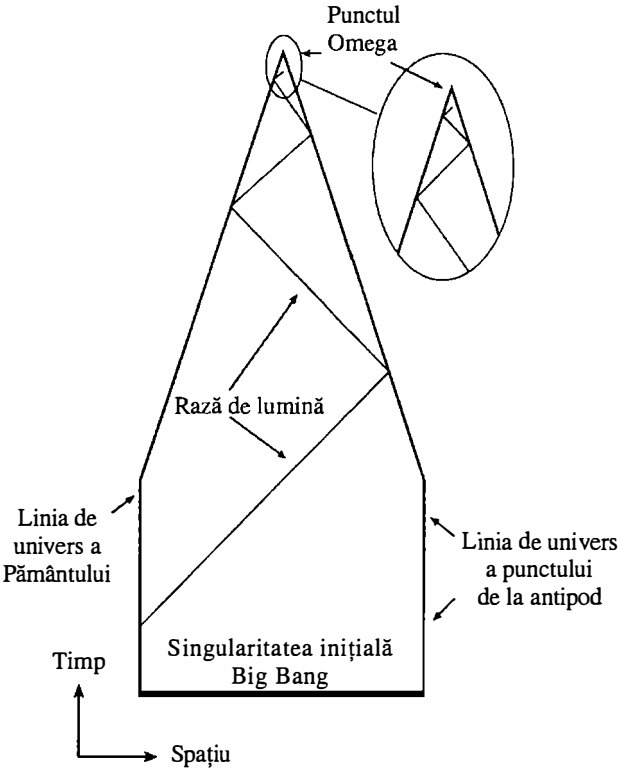


Fig. 4.8. Diagrama Penrose pentru un univers Friedmann cu topologie spațială S^3, dar cu un punct omega pentru singularitatea finală. Diagrama începe exact ca în figura precedentă, dar linia de univers a Pământului se apropie de linia de univers a punctului nodal. O rază de lumină emisă de pe Pământ în 1993 atinge punctul de la antipod și se întoarce, apoi merge înapoi și înainte între Pământ și punctul de la antipod. Lumina poate merge înapoi și înainte între localizarea Pământului și punctul de la antipod de un număr finit de ori, între acum și singularitatea finală. Aceasta înseamnă că întregul spațiu-timp este *un singur* con trecut luminos; există doar un singur punct în singularitatea finală. Astfel, singularitatea finală este un punct omega.

gravitația trebuie să devină repulsivă în apropiere de Punctul Omega. De asemenea, arăt faptul că orice univers Friedmann cu un Punct Omega are cu necesitate presiuni negative, deci, dacă în universul nostru apare un Punct Omega, aceasta înseamnă că el trebuie să devieze de la izotropie în viitorul îndepărtat. Trebuia să mai adaug şi faptul că dispariția orizontului întăreşte Prima Predicție: voi arăta în Anexă că, dacă viitoarea frontieră-c este un singur punct, atunci universul este cu necesitate închis.

Dar noi ştim că în viitor universul va devia de la izotropie. Acesta va colapsa cu viteze diferite, pe direcții diferite. Fizicianul american Charles Misner şi-a imaginat o modalitate de obținere a unui punct singular pe frontiera-c într-un univers închis doar cu presiuni pozitive. Un colaps de tip Taub înseamnă pentru viață mai mult decât poate produce o diferență de temperatură. De asemenea, el elimină orizonturile. Sau, mai curând, el le elimină pe o singură direcție. Dacă o rază de lumină ar fi să fie trimisă pe direcția de colapsare a unui univers Taub, aceasta ar înconjura universul de un număr infinit de ori pe acea direcție, înainte de singularitatea finală. Adică, nu există orizont eveniment pe acea direcție. Din păcate, orizonturi eveniment mai apar pe celelalte două direcții. Ideea lui Misner era de a îşi imagina un univers care suferă un colaps de tip Taub pe o singură direcție suficient de departe pentru ca lumina să înconjoare întregul univers după acea direcție, apoi să devină mai sferic şi apoi să sufere un colaps de tip Taub pe o altă direcție suficient de departe pentru a permite luminii să înconjure universul după acea direcție. Acest proces se repetă şi după a treia direcție.

Repetând această serie triplă de colapsuri de un număr infinit de ori, vom elimina în totalitate orizonturile, deoarece lumina va fi în stare să înconjure întregul univers de un număr infinit de ori după toate direcțiile. Inițial, Misner a propus această serie pentru începutul timpului, dar

mai târziu el a abandonat propunerea sa, când a înțeles că este extrem de improbabil ca universul să treacă de la un colaps Taub extrem la altul. Spun Taub „extrem" având în vedere că lumina trebuind să facă înconjurul universului doar o singură dată pe direcția de colapsare, mărimea universului după acea direcție ar trebui să descrească printr-un factor de circa 70. Trecând de la figura 4.4 la figura 4.5, universul s-a strâns după direcția de colapsare printr-un factor mai mic decât 2. Şi chiar dacă, printr-o şansă, universul ar fi descrescut după o direcție cu factorul 70, în timp ce pe celelalte direcții ar fi rămas constant, este improbabil că el ar descreşte apoi încă pe o altă direcție de 70 ori, cu celelalte două direcții rămânând constant. Ceea ce se întâmplă aproape întotdeauna este că universul descreşte simultan după toate direcțiile.

Cu toate acestea, viața poate utiliza instabilitățile pentru a *forța* universul să se deplaseze de la un colaps Taub extrem la altul. În ecuațiile lui Einstein există haosul în exact locul care să permită aceasta. Astfel, viața va forța universul înspre un colaps Taub extrem după un altul, din două motive: mai întâi, un colaps Taub maximizează energia disponibilă şi, în al doilea rând, este singura modalitate de a elimina orizonturile, atunci când toate presiunile sunt pozitive. Dar viața trebuie să cotropească universul, pentru a-l forța să evolueze în această manieră. Dacă aceasta încearcă să forțeze un colaps Taub la orice scară, cu excepția întregului univers, atunci orizonturile vor forța viața înspre o regiune care se strânge mult mai rapid decât universul ca întreg. Procesarea informației poate continua doar în universuri închise care sfârşesc într-un singur punct de pe frontiera-c şi numai dacă procesarea informației este înfăptuită pe tot universul închis. Cu alte cuvinte, dacă viața este să supraviețuiască, la doar simplul nivel de subzistență, ea trebuie absolut necesar să înghită întregul univers într-un punct din viitor. Ea nu are de ales în a rămâne într-o regiune

limitată. Simpla supraviețuire dictează expansiunea. Dar dacă ea înghite universul, atunci ea are posibilitatea unei existențe la un nivel de mai mare prosperitate. Istoria viitoare a vieții este ilustrată într-o diagramă Penrose din figura 4.9.

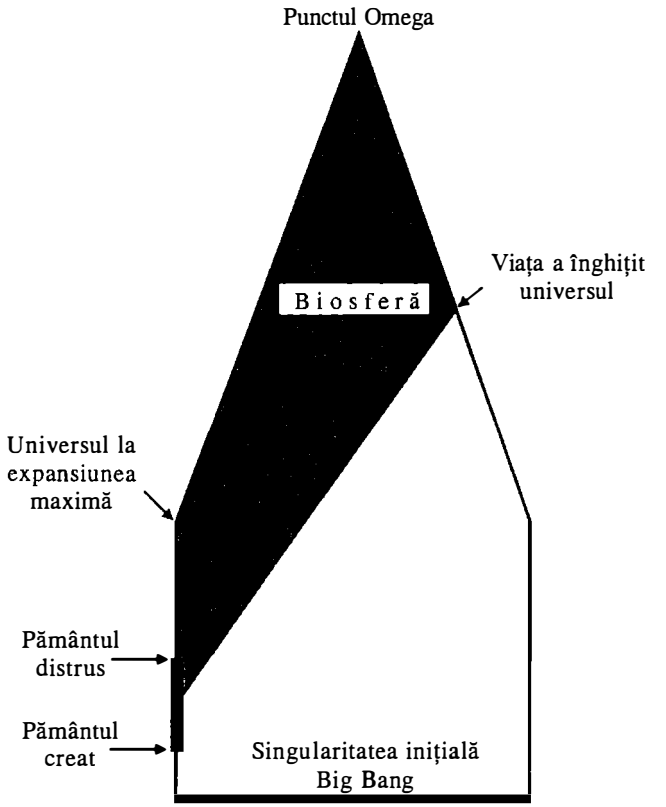


Fig. 4.9. Diagrama Penrose a viitorului vieții din univers. Bara groasă verticală reprezintă întreaga istorie a Pământului. Regiunea oblică este biosfera. Biosfera începe să se dilate înspre univers, acum (la scara figurii, „acum" înseamnă orice moment de timp, în viitoarele câteva milioane de ani). Biosfera înghite întregul univers, lent, după expansiunea maximă.

Este posibil să se obțină și alte predicții. De exemplu, o analiză în detaliu (dată în Anexă) despre cum trebuie să fie utilizată energia pentru a stoca informația conduce la

> **A Treia Predicție Testabilă a Teoriei Punctului Omega:** densitatea stărilor particulelor trebuie să tindă către infinit când energia tinde la infinit, dar totuși această densitate a stărilor nu trebuie să tindă mai rapid decât cubul energiei.

Aceste predicții demonstrează doar că Teoria Punctului Omega este o teorie științifică despre viitorul vieții în univers. Din păcate, nu sunt niște predicții foarte tari sau utile, dar trebuie să ținem cont de faptul că escatologia fizică este o foarte tânără știință și că ia timp să dezvolți o nouă idee în fizică. Povestea spune că un prim-ministru englez l-a vizitat pe fizicianul englez Michael Faraday, care tocmai făcuse o descoperire importantă în electromagnetism, și l-a întrebat „La ce folosește electricitatea, domnule Faraday?", iar Faraday i-a răspuns „La ce folosește un nou-născut? Trebuie să aștepți până când acesta crește mare".

Einstein a inventat cosmologia în 1917. Prima predicție solidă din cosmologie, radiația cosmică de fond 3K, a fost făcută în 1948, iar predicția a fost confirmată în 1965. Yang și Mills au inventat teoria locală de etalonare în 1954, Glashow a aplicat ideile în 1961 pentru a obține teoria electroslabă, dar cum masele particulelor erau introduse de mână, teoria a fost în mod clar inconsistentă. Weinberg și Salam au adăugat Teoriei lui Glashow mecanismul lui Higgs de generare a masei în 1967 și, respectiv, în 1968, iar t'Hooft a demonstrat în 1971 că teoria Glashow–Weinberg–Salam era matematic consistentă. Curenții neutri, prima predicție solidă a teoriei, au fost descoperiți în 1973. Chiar și pentru

fizica secolului al XX-lea e nevoie de circa 20 ani pentru a găsi utilitatea unei noi teorii.

O foarte nouă predicție, care mi-a venit în minte în februarie 1992, și care poate satisface criteriul utilității este

> **A Patra Predicție Testabilă a Teoriei Punctului Omega:** masa unui quark top* trebuie să fie 185 ± 20 GeV, iar masa unui bozon Higgs trebuie să fie 220 ± 20 GeV. Aceste numere implică faptul că lățimea bozonului Higgs trebuie să fie 2,1 GeV, iar raportul dintre lățimile bozonului Higgs dezintegrat în Z bozoni polarizați transversal și Z bozoni polarizați longitudinal trebuie să fie 0,55.

În particular, quarkul top va fi găsit (95% nivel confidențial) atunci când luminozitatea integrată a Tevatronului Fermilab va atinge 200 picobarni la minus unu. Aceasta înseamnă că el nu va fi găsit în timpul experimentului de ciocnire care va dura doi ani și va începe în luna mai 1992 și care va acumula o luminozitate de 100 picobarni la minus unu către sfârșitul anului 1994. (Dacă masa quarkului top este mai mică decât circa 110 GeV, acesta ar putea fi găsit prin septembrie 1992. Astfel, eu am prezis în februarie 1992 că quarkul top nu ar putea fi găsit în septembrie 1992, ceea ce s-a și întâmplat. Experimentul complet 1992–1994 va duce la descoperirea quarkului top, dacă masa sa este mai mică decât circa 150 GeV). Cu toate acestea, tevatronul va găsi quarkul top prin 1996, deoarece injectorul său principal este programat să sporească în 1995, iar acest spor va determina punerea în evidență a quarkului top prin 1997, dacă masa sa este mai mică decât 200 GeV, ceea ce este o limită superioară a masei sale, așa după cum știm din experiențele indirecte.

---

* top = sus (lb. engleză, în original, *n.t.*).

Experimentul de ciocnire din 1988–1989 a găsit un candidat care chiar *a putut* fi creația perechii top-antitop. Dacă așa stau lucrurile, atunci experimentul implică o masă a quarkului top de 120 GeV. Teoria Punctului Omega face aserțiunea că acest eveniment a fost fals; nu a fost un proces de creare a perechii top-antitop. În octombrie 1992, experimentul obișnuit de ciocnire în tevatron a găsit un eveniment ilustrat în figura 4.10, care poate să fi fost din nou rezultatul interacției perechii top-antitop. În cazul acestui eveniment, masa quarkului top implicat era de 180 GeV, *exact* masa prezisă. Bozonul Higgs se presupune a fi prea masiv pentru a fi găsit în tevatron, dar cu o masă de 220 GeV el va fi găsit la CERN Large Hadron Collider, care este prevăzut să funcționeze în linie prin 1999. În fapt, o luminozitate integrată a 10^4 picobarni la minus unu va fi suficientă pentru a găsi bozonul Higgs; aceasta înseamnă că va fi suficientă o mult mai modestă luminozitate față de cea avută în vedere de proiectanții de la Large Hadron Collider. Teoria Punctului Omega spune că bozonul Higgs va fi descoperit prin anul 2000 în Large Hadron Collider (LHC). Dacă Super-Conducting Supercollider-ul (SSC) va fi gata în anul 2002, conform planificării, atunci bozonul Higgs va putea fi găsit prin 2003.

Toate aceste date depind de aparatura care va fi gata conform planificării inițiale. Din păcate, terminarea aparaturii nu depinde de fizicieni sau de ingineri, ci de politicieni. La momentul când scriu, există chiar îndoiala dacă se vor găsi bani pentru modernizarea injectorului principal al Tevatronului. Costul modernizării este de numai 200 milioane de dolari, ceea ce reprezintă doar o mică fracțiune din suma pentru LHC (2 miliarde de dolari) și pentru SSC (10 miliarde de dolari), dar în aceste vremuri de uriașe deficite bugetare...

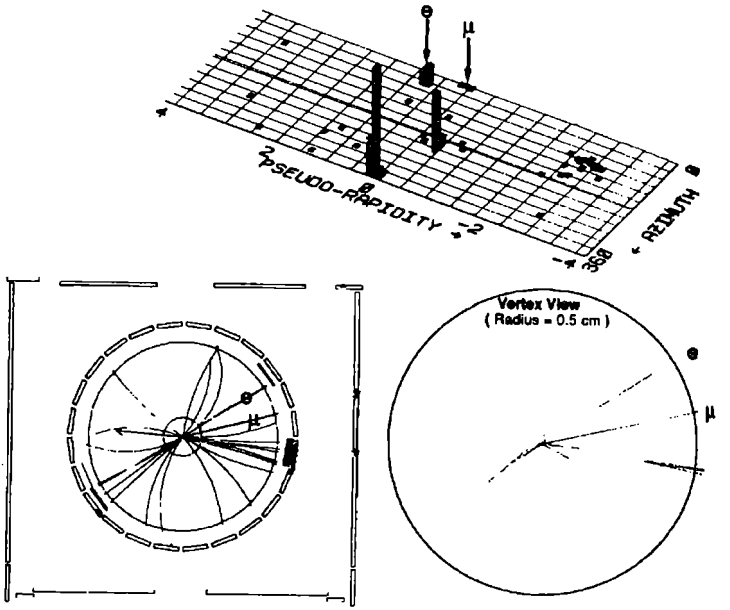


Fig. 4.10. Posibila detectare a quarkului *top* în octombrie, 1992. În procesul de formare a perechii *top-antitop,* prin ciocnirea unui proton cu un antiproton, în Tevatron, quarkul *top* s-ar dezintegra într-un quark *bottom* şi un bozon W^+, iar quarkul *antitop* s-ar dezintegra într-un quark *antibottom* şi un bozon W^-. Bozonii se dezintegrează imediat, posibil în leptoni, ca electronul (e) sau miuonul (μ), şi particulele neutrino corespunzătoare, în timp ce fiecare quark se arată ca un jet de particule opuse leptonului. Deci, semnătura formării unei perechi *top-antitop* este o pereche de leptoni însoţită de două jeturi. Un astfel de eveniment a fost observat în octombrie, 1992. Dacă a fost vorba de formarea unei perechi *top-antitop,* atunci măsurătorile de energie ale particulelor dezintegrate implică o masă a quarkului *top* de aproximativ 180 GeV, exact masa prezisă de Teoria Punctului Omega. (Credit: Fermilab.)

Cea de-a Patra Predicție Testabilă s-a obținut din analiza proceselor în care informația care codifică viața este transferată din materia normală (unde aceasta este codificată acum) într-o formă care poate să se opună divergenței temperaturii în apropierea singularității Punctului Omega. Detaliile matematice ale acestei analize vor fi găsite în Anexă.

Dar ideea fundamentală a celei de-a Patra Predicții este uşor de stabilit. Informația poate fi codificată în substratul ei prezent al sistemelor moleculare – atât oamenii, cât şi calculatoarele sunt constituiți în mod normal din molecule – numai atunci când temperatura radiației universului este mai mică decât energia de legătură tipică a moleculelor. În funcție de câtă radiație este generată de viață în viitor, temperatura universului va depăşi această limită, pe măsură ce universul s-a micşorat undeva între dimensiunea sa actuală şi a mia parte din această dimensiune actuală. Prin urmare, informația trebuie să fie transferată către un alt substrat, înaintea acestui moment. Pentru a se efectua acest transfer, viața trebuie să fi trimis semnale înspre toate direcțiile cel puțin o dată între momentul expansiunii maxime şi momentul transferului. Amintindu-ne că universul trebuie să se strângă de aproximativ 70 de ori pentru a face cu putință ca viața să trimită semnale în jurul universului pe o singură direcție, aceasta înseamnă că universul trebuie să fie cel puțin de $(70)^3$ ori mai mare la expansiunea maximă decât este el în prezent. În plus, el nu poate fi mult prea mare față de expansiunea sa maximă, căci altfel universul va fi atât de aproape de modelul plat încât viața se va sfârşi înainte ca expansiunea sa maximă să fie atinsă. Dar dimensiunea universului la expansiunea maximă este determinată de două numere: constanta lui Hubble, care spune cât de rapid se dilată universul în prezent, şi parametrul densitate, care spune cât de repede încetineşte masa universului viteza sa de dilatare. Astfel, trebuie să avem (pentru detalii, vezi Anexa):

A Cincea Predicție Testabilă a Teoriei Punctului Omega: parametrul densitate Ω_0 a universului trebuie să satisfacă dubla inegalitate $4 \times 10^{-4} < \Omega_0 - 1 < 4 \times 10^{-6}$, iar constanta Hubble trebuie să fie mai mică sau egală cu 45 km/s·pc.

Acest fapt face tocmai ca viața să fie gata să transfere informația înspre un alt substrat. Singurul substrat care pare a fi disponibil la temperatura joasă la care trebuie să se efectueze transferul este universul însuşi. Adică, eu propun stocarea informației fie în undele călătoare, fie în undele staționare, utilizând universul însuşi ca pe o cutie care conține undele. Totuşi, codificarea informației în universul ca întreg necesită cel puțin câteva ocoluri ale lumii pe toate direcțiile cu temperatura şi astfel dimensiunea medie a universului rămâne constantă. Mecanismul Misner nu va face acest lucru, pentru aceasta este nevoie ca universul să se strângă.

Dar câmpul Higgs poate face acest lucru – dacă este real. În conformitate cu Modelul Standard al fizicii particulelor elementare, câmpul Higgs umple întreg spațiul. Densitatea de energie a câmpului Higgs poate fi calculată şi rezultă a fi de 10^{54} ori mai mare față de densitatea de energie a materiei. Acest calcul este consistent cu experimentul doar dacă există un câmp de forță gravitațională *repulsiv* la fel de puternic numit Constanta Cosmologică, anulând câmpul Higgs pretutindeni în spațiu. Până ce temperatura ajunge enorm de ridicată – circa 100 GeV sau 1000 trilioane grade Celsius – aceste câmpuri ale universului sunt în echilibru.

Cu toate acestea, câmpul Higgs cuplează la forfecare, în timp ce Constanta Cosmologică nu. Aceasta înseamnă că viața poate utiliza forfecarea pentru a reduce câmpul Higgs, permițând deci Constantei Cosmologice de a încetini viteza de colapsare. Să ne amintim că şi universul Friedmann ar permite un model în care lumina să înconjoare

universul în prezența presiunilor negative – forțe gravitaționale repulsive. Un calcul aproximativ indică faptul că apare un cuplaj suficient între forfecare și câmpul Higgs dintre momentul expansiunii maxime și momentul când temperatura devine prea fierbinte pentru substratul molecular al vieții ca să mai permită vieții să încetinească suficient colapsul și a se obține înconjurul necesar al luminii.

Înconjurul luminii va fi maximizat, la fel cum și probabilitatea ca viața să efectueze succesiv transferul, dacă masa Higgs este maximizată. Dar dacă masele Higgs și ale quarkului top ar fi prea mari, atunci ecuațiile Modelului Standard ar fi instabile în actualele condiții. Astfel, masa Higgs maxim-permisă este obținută împreună cu masa quarkului top. Aceste mase sunt date în a Patra Predicție.

Pe măsură ce temperatura devine suficient de înaltă, nu numai mărimile quarkului top și Higgs trebuie să aibă valori specifice, ci și forța gravitațională repulsivă din Constanta Cosmologică. Acest efect ar fi observabil pe timpul așa-numitei faze de tranziție Weinberg–Salam. Din păcate, eu nu știu cum se calculează acest efect, deci nu-l pot lista ca pe o predicție clară.

Așa cum am discutat în capitolul 2, pentru ca viața să poată fi capabilă a acționa coerent pe cele mai largi scări și deci să fie capabilă a utiliza haosul în ecuațiile Einstein, universul trebuie să rămână omogen pe cele mai largi scări până la un timp de recolapsare de 10^{18} ani în viitor. Cu toate acestea, în universul timpuriu trebuie să fi existat unele neomogenități, altminteri n-ar fi existat galaxii și stele. Cum neomogenitățile tind să crească în timp, universul nu va fi omogen pe cele mai largi scări, chiar dacă amplitudinea neomogenităților la nivelul acestor scări este în prezent foarte mică. Amplitudinea neomogenităților se exprimă de regulă în funcție de $\Delta\rho/\rho_0$, unde $\Delta\rho$ reprezintă variația densității față de densitatea medie ρ_0. Acest fapt conduce la

A Şasea Predicţie Testabilă a Teoriei Punctului Omega: contrastul de densitate $\Delta\rho/\rho_0$ trebuie să aibă spectrul de putere Harrison-Zel'dovich. Mai mult decât atât, amplitudinea contrastului de densitate la cea mai mare scară pe care o putem vedea trebuie să fie mai mică decât 2×10^{-4}, ceea ce implică faptul că fluctuaţiile de temperatură ale radiaţiei cosmice de fond trebuie să fie mai mici decât 6×10^{-5}.

Spectrul de putere Harrison–Zel'dovich este sugerat de faptul că acest spectru este singurul care este consistent cu universul aproximativ de tip Friedmann la momentul colapsului şi, de asemenea, care începe dintr-o singularitate iniţială Friedmann. Cea mai mare scară pe care o putem vedea este „marginea" universului vizibil. Amplitudinea spectrului se obţine din considerentul că neomogenităţile la scara universului vizibil nu pot creşte prea mult pe măsură ce biosfera atinge marginea universului vizibil. Neomogenităţile la o astfel de scară ar fi imposibil de eliminat când universul începe să colapseze, şi acest lucru ar însemna orizonturi care sunt imposibile prin A Doua Predicţie.

Aşa cum am discutat în capitolul 2, pe măsură ce se dilată, universul se răceşte. Aceasta înseamnă că a existat un moment în trecut când universul era atât de fierbinte încât era opac ca şi Soarele. Universul era atât de fierbinte când avea a mia parte din dimensiunea actuală. Când universul s-a dilatat dincolo de această mărime, el a devenit deodată transparent la radiaţie şi, deci, când privim radiaţia cosmică de fond, noi privim la universul care a devenit transparent la un moment dat. Acest moment defineşte „marginea" universului vizibil.

Această predicţie reprezintă în realitate o soluţie propusă la Problema Izotropiei din cosmologie. Să ne amintim că cuvântul „izotropie" înseamnă „acelaşi în toate

direcțiile". Temperatura radiației cosmice de fond este în mod remarcabil izotropă: ea este aceeași în toate direcțiile, în limita lui 10^{-5}. Explicația acestei izotropii a constituit o problemă deoarece, dacă universul a fost dominat de radiație sau materie din singularitatea Big Bang, în urmă cu 20 miliarde de ani, iar expansiunea a fost aproximativ izotropă, atunci radiația emisă dintr-o direcție dată nu a fost niciodată în întreaga sa istorie în contact cauzal cu radiația emisă dintr-o direcție opusă. Dar noi știm din experiență că, dacă două corpuri au exact aceeași temperatură, aceasta este datorită faptului că ele au fost în contact. Ori, cele două părți ale universului timpuriu din care provine radiația de fond au aceeași temperatură în limita lui 10^{-5}, chiar dacă ele nu au fost niciodată în contact cauzal.

Misner a încercat să explice această izotropie a temperaturii, argumentând că regiunile diferite erau în contact cauzal, deoarece expansiunea nu era izotropă: ea era de tip Taub, care permite mai multe circumnavigări ale luminii. Dar am văzut mai sus că explicația lui Misner nu este valabilă.

În anul 1981, Alan Guth de la MIT a propus o altă explicație, pe care a numit-o *inflație*. În modelul Guth, expansiunea universului din singularitatea Big Bang nu a fost dominată de radiație sau de materie. A existat mai degrabă o forță repulsivă în perioada universului timpuriu, ceva analog cu forța Constantei Cosmologice pe care am descris-o mai sus, care a umflat o mică regiune a universului ce era în contact cauzal mai mare decât partea de univers pe care o vedem. Astfel, în ambele soluții[10] la Problema Izotropiei, Misner și Guth, porțiuni diametral opuse ale cerului au aceeași temperatură, deoarece ele au fost odată în contact cauzal.

Conform soluției mele, temperaturile sunt aceleași deoarece, în caz contrar, universul din viitorul îndepărtat nu

ar fi ospitalier pentru viață. Mai degrabă condițiile limită ale viitorului determină trecutul, decât condițiile limită ale trecutului să determine viitorul. Oamenii au tendința să creadă că trecutul este cel care determină viitorul și nu viceversa. Dar dacă ecuațiile de evoluție sunt deterministe, iar timpul este simetric, așa cum sunt ecuațiile lui Einstein, atunci condițiile limită pot fi date la orice moment; acest lucru este echivalent cu a spune că viitorul determină trecutul.

A Șasea Predicție arată că Teoria Punctului Omega este un model cosmologic la fel de puternic ca și Modelul Inflaționist. Ambele teorii prezic același spectru de putere pentru contrastul de densitate. Dar Modelul Inflaționist are dificultăți în prezicerea amplitudinii spectrului și deci are dificultăți în prezicerea amplitudinii fluctuațiilor mici din radiația cosmică de fond. Astfel de fluctuații trebuie să fie prezente, deoarece un contrast de densitate nenul ar perturba radiația de fond. Cunoscând amplitudinea și spectrul de putere, se poate calcula amplitudinea fluctuațiilor de temperatură ale radiației cosmice de fond. Răspunsul este că amplitudinea fluctuației de temperatură este mai mică de 6×10^{-5}, ceea ce înseamnă că este în intervalul unui ordin de mărime din valoarea sa observată, 5×10^{-6}. Detaliile sunt prezentate în Anexă. Cunoașterea noastră curentă despre cosmologie este prea limitată pentru ca vreun calcul să ne dea un răspuns mai bun decât un ordin de mărime.

A Șasea Predicție este importantă deoarece ea arată că, pentru regiuni care nu au fost niciodată în contact cauzal, contrastul de densitate poate fi constrâns totuși de către un mecanism, altul decât inflația. Așa cum am spus mai sus, în Teoria Punctului Omega, această constrângere provine mai curând dintr-o condiție limită finală, decât dintr-una inițială: aceea că viața trebuie să existe înspre Punctul Omega.

Implicații teologice: omniprezența, omniscienta și omnipotența

Să considerăm acum implicațiile teologice ale Teoriei Punctului Omega. Că teoria are astfel de implicații se va vedea clar, dacă voi restabili un număr din concluziile de mai sus în cuvinte mai sugestive. Așa cum am subliniat, pentru ca operațiile de procesare ale informației să fie duse până la capăt în preajma Punctului Omega, viața trebuie să fi extins operațiile sale până la a înghiți întregul cosmos fizic. Putem spune, aproape evident, că viața în apropierea Punctului Omega este omniprezentă. Pe măsură ce Punctul Omega se apropie, supraviețuirea dictează faptul că viața câștigă în mod colectiv controlul întregii materii și al surselor de energie disponibile în apropierea Stării Finale, acest control devenind total în Punctul Omega. Putem spune că viața devine omnipotentă în momentul în care este atins Punctul Omega. Cum, prin ipoteză, informația stocată devine infinită în Punctul Omega, este rezonabil să spunem că Punctul Omega este omniscient: acesta cunoaște ceea ce este posibil a se cunoaște despre universul fizic (și deci despre El-însuși).

Punctul Omega are o a patra proprietate. Să ne amintim că, matematic vorbind, frontiera-c este o *completare* a spațiu-timpului: ea nu este în spațiu-timp, ci mai degrabă în „exteriorul" acestuia. De asemenea, să ne amintim că o frontieră-c constând dintr-un singur punct este echivalentă cu întreaga colecție de puncte ale spațiu-timpului (privit ca o unitate) *și* o anumită colecție infinită de subseturi ale punctelor spațiu-timpului (toate conurile trecut luminoase). Cu alte cuvinte, Punctul Omega nu este pur și simplu toată realitatea finită, ci este *în plus* completarea întregii realități finite. Această idee a unui Dumnezeu ca o completare este una standard în teologie. Așa cum a spus teologul

german Wolfhart Pannenberg: „... Dumnezeu reprezintă de obicei gând în analogie cu omul şi ca perfecţiune a oricărui lucru pentru care omul crede că el este destinat, dar care este realizat doar în viaţa individului într-o măsură parţială şi limitată".[11]

Această completare a spaţiu-timpului este întregul spaţiu-timp şi exteriorul său cu totul. (Exteriorul spaţiu-timpului, deoarece Punctul Omega nu reprezintă punctele individuale ale spaţiu-timpului, dar toate aceste puncte se gândesc ca o singură entitate). Este firesc să spunem că Punctul Omega este „atât transcendent înspre, cât şi imanent în" pentru fiecare punct al spaţiu-timpului. Când viaţa a înghiţit complet întregul univers, ea va încorpora tot mai multă şi mai multă materie înspre sine însăşi, iar distincţia dintre materie vie şi materie nevie îşi va pierde înţelesul său.

Există şi o altă modalitate de a vedea această incluziune a întregului spaţiu-timp în Punctul Omega. De fapt, toate momentele diferite ale istoriei universului sunt colapsate în Punctul Omega; „durata" pentru Punctul Omega poate fi privită ca echivalentul colecţiei tuturor experienţelor întregii vieţi care a existat, există şi va exista în toată istoria universului, laolaltă cu clipele materiei nevii. Această „durată" este foarte apropiată ideii de *aeternitas* din filosofia thomistă. Am putea spune că *aeternitas* este echivalent cu uniunea tuturor *aevum* şi *tempus*. Dacă acceptăm ideea că viaţa şi persoana induc schimbare prin însăşi natura lor (de exemplu, pentru a trece Testul Turing, o fiinţă trebuie să facă ceva), atunci această identificare apare ca fiind singura cale de a avea o Persoană Care este omniscientă şi, deci, A CĂREI cunoaştere nu se poate schimba: omniscienţa este o proprietate a stării finale nu-în-timp-necesar-neschimbătoare, o stare totuşi echivalentă cu colecţia tuturor stărilor mai timpurii, schimbătoare şi nonomnisciente. Punctul Omega, în imanenţa Sa, trece drept ca o Persoană, deoarece,

la orice moment de timp din viitorul nostru, sistemul de procesare a informației va avea generat sau va fi capabil să genereze subprograme care vor fi apte de a depăși Testul Turing; pentru a supraviețui într-un mediu de complexitate crescândă din apropierea stării finale, va fi necesară o inteligență superioară.

La drept vorbind, eu nu știu dacă Punctul Omega în imanența Sa posedă o rațiune de tip uman la cel mai înalt nivel de implementare. (Ideea aceasta a „nivelurilor de implementare" a fost discutată[12] în capitolul 2). Probabil că nu; o rațiune de tip uman este o manifestare a unei procesări de informație la un nivel extrem de scăzut: așa cum s-a discutat în capitolul 2, doar între 100 și 10.000 gigaflops viteză de procesare și doar 10^{15} biți capacitate de stocare (vezi mai jos). Cu toate acestea, Punctul Omega este totuși o Persoană (în toate clipele viitorului nostru), deoarece o Ființă cu nivelul Său de capacitate ar putea cu ușurință să creeze un subprogram de depășire a Testului Turing. Așa cum voi discuta în ultimele capitole, noi înșine înviați vom interacționa probabil cu un astfel de subprogram; este dincolo de capacitatea umană să aibă de-a face în mod direct cu cel mai înalt nivel de implementare posedat de starea Punctului Omega la momentul când suntem înviați (acest cel mai înalt nivel este codificat în nu mai puțin de $10^{10^{123}}$ biți; în capitolul 10 voi arăta modul în care se calculează acest număr). În continuare voi denumi sistemul de procesare al informației universale totale dintr-o existență la orice moment de timp global dat ca „rațiune universală".

Există o interesantă legătură dintre aserțiunea mea, conform căreia Punctul Omega este o Persoană, deoarece aceasta conține un subprogram de depășire a Testului Turing, și noțiunea creștină de Persoană, cuvânt care este aplicat lui Dumnezeu. În greaca clasică, cuvântul *prosopon* (πρόσωπον) – *persona,* echivalentul latin – însemna inițial

„față" sau „expresia feței", dar cuvântul mai însemna și o mască pe care un actor o poartă într-o piesă pentru a indica personajul pe care îl interpretează. Din secolul al IV-lea d.Hr. (când dezbaterile asupra Trinității erau la înălțime), acest cuvânt a ajuns să se refere la acele aspecte înnăscute ale mentalității umane care diferențiază o ființă umană de alta. Astăzi, cuvântul „persoană" se referă la rațiunea umană individuală totală, incluzând ambele aspecte, cel înnăscut și cel dobândit. Cum El/Ea ar interacționa cu noi, ființe umane, ca o Persoană – ca o bucățică de subprogram – deci Punctul Omega ar releva doar o infimă parte din caracterul Lui/Ei, atunci urmează că Punctul Omega este o Persoană în sensul original al termenului și în sensul cuvântului *persona* din secolul al IV-lea. Cu o serie de subprograme de trecere a Testului Turing, Punctul Omega ar fi o serie de Persoane; El/Ea ar avea mai multe „personae". „Trei Persoane în Dumnezeu" sau „mai multe Persoane în Punctul Omega" nu înseamnă triteism (trei zei) or politeism. Această idee de mai multe „personae" într-un singur Dumnezeu se găsește de fapt în chiar primul verset din Biblie: „La început Dumnezeu a creat cerurile și pământul" (Geneza 1:1, RSV). În originalul ebraic, cuvântul tradus aici ca Dumnezeu este de fapt „Elohim" și care este un cuvânt la plural.

Voi folosi ocazional în capitolele următoare expresii de genul „Punctul Omega ne va învia" sau „Punctul Omega ne iubește", și astfel de expresii se vor referi la Punctul Omega într-unul din aspectele Lui/Ei imanente din viitorul îndepărtat. Nu voi adăuga mereu cuvântul „transcendent" sau „imanent" asociat „Punctului Omega", ci voi lăsa contextul să sugereze ceea ce înțeleg eu. Biblia oferă un precedent remarcabil pentru această manieră de discurs. De exemplu, în episodul când Dumnezeu îi vorbește lui Moise din rugul de foc, citim în Exodul 3:2 că „...îngerul Domnului i s-a arătat într-o flacără de foc, care ieșea din mijlocul unui

rug..." (RSV), dar noi *nu* aflăm din versetul respectiv că îngerul a dispărut şi a fost înlocuit de Dumnezeu. Cu alte cuvinte, „înger" în acest pasaj înseamnă Dumnezeu în imanenţa Sa. Un exemplu similar, din „înger al Domnului" în „Domnul", apare în Geneza 16:7 şi Geneza 16:3 când Dumnezeu îi vorbeşte lui Agar. Într-adevăr, editorii versiunii adnotate a Bibliei RSV Oxford University remarcă despre cele două pasaje: „Aici, «îngerul Domnului» nu este o fiinţă cerească subordonată lui Dumnezeu, ci însuşi Domnul în manifestare pământească". Se poate merge mai departe şi afirma că *toţi* îngerii menţionaţi în Biblie pe numele lor – Michael, Gabriel, Rafael şi Uriel[13] – reprezintă Dumnezeu în imanenţa Sa. Toate aceste nume se termină cu „-el", ceea ce înseamnă „Dumnezeu". Semnificaţiile ebraice ale acestor nume sunt: „Michael" înseamnă „Cine este Dumnezeu"; „Gabriel" înseamnă „Puterea lui Dumnezeu"; „Rafael" înseamnă „Puterea de vindecare a lui Dumnezeu"; iar „Uriel" înseamnă „Focul lui Dumnezeu". În mod cert, nu ar fi deloc inexact să privim unul dintre superprogramele raţiunii universale din viitorul îndepărtat, unul cu un program de trecere a Testului Turing, ca pe un „înger". Aşa cum am spus, aceste programe cuprind colectiv Punctul Omega în imanenţa Sa.

Această includere a întregii istorii trecute, prezente şi viitoare a universului în Punctul Omega este mai mult decât un simplu artificiu matematic. *Identificarea nu înseamnă cu adevărat că Punctul Omega „experimentează" întreaga istorie a universului „toată, dintr-odată"*. Să vedem ce înseamnă pentru noi a „experimenta" un eveniment. Acesta înseamnă că gândim şi ne emoţionăm asupra evenimentului pe care îl vedem, îl auzim, îl simţim etc. Să considerăm, pentru simplificare, doar modul „vederii". Noi vedem o altă persoană contemporană prin intermediul razelor de lumină care a părăsit-o cu o fracţiune de secundă

mai înainte. Dar nu putem să „vedem" o persoană care a trăit cu puține secole în urmă, deoarece razele de lumină de la persoana amintită au părăsit demult sistemul solar. Invers, noi nu putem „vedea" galaxia Andromeda așa cum este ea acum, ci mai curând o putem „vedea" cum a fost ea cu două milioane de ani în urmă. Deci, noi experimentăm ca fiind „simultane" evenimentele de pe frontiera conului nostru trecut luminos (pentru modul vederii; este mai complicat pentru toate celelalte moduri senzoriale să experimentăm ca evenimente simultane ce ajung la noi în același moment de-a lungul anumitor curbe de timp din interiorul conului nostru trecut luminos).

Dar toate curbele de timp și de lumină converg înspre Punctul Omega. În particular, toate razele de lumină de la toți oamenii care au murit cu o mie de ani în urmă, de la toți oamenii care trăiesc acum și de la toți care vor trăi o mie de ani de acum încolo se vor intersecta acolo. Razele de lumină de la acei oameni care au murit acum o mie de ani nu sunt pierdute pentru totdeauna; aceste raze vor fi interceptate de Punctul Omega. Sau, spus altfel, aceste raze vor fi interceptate din nou și din nou de către ființele vii care au pus stăpânire pe universul fizic în apropierea Punctul Omega. Toată informația care poate fi extrasă din aceste raze de lumină va fi extrasă în clipa Punctului Omega, Care va experimenta deci simultan întregul timp exact cum noi experimentăm simultan galaxia Andromeda și o persoană dintr-o cameră cu noi. (Aș atrage atenția cititorului că am ignorat problema opacității și problema pierderii de coerență a luminii. Până când aceste lucruri nu sunt luate în considerare, nu pot spune în mod exact cât de multă informație poate fi extrasă de fapt din trecut. Dar la cel mai de bază nivel ontologic – cu condiția ca hiperbolicitarea globală [determinismul] să fie valabil – *toată* informația din trecut [= toată istoria universului] rămâne în universul fizic

şi este disponibilă pentru analiză de către Punctul Omega.) În cartea *Consolation of Philosophy*, Boethius îl citează pe Platon[14]: „... ar trebui să-l urmăm pe Platon în a spune că într-adevăr Dumnezeu este veşnic, dar lumea este perpetuă [întrucât, în lume, nu este prezent simultan fiecare eveniment]".[15] Astfel, Punctul Omega este veşnic.[16]

Să rezumăm acest capitol: existența vieții continuată indefinit nu este posibilă doar fizic; aceasta conduce în mod natural către un model al unui Dumnezeu Care evoluează în aspectul Său/Ei imanent (evenimentele din spațiu-timp) şi este complet veşnic în aspectul Său/Ei transcendent (Punctul Omega, care nu este nici spațiu, nici timp, nici materie, ci este dincolo de toate acestea).

determinism în relativitatea clasică generalizată şi în mecanica cuantică

Eşecul antic al împăcării omniscienţei lui Dumnezeu cu liberul arbitru

Boethius a încercat să folosească noţiunea sa de eternitate ca un mijloc de a împăca libertatea umană cu faptul că Dumnezeu este omniscient. Oricum, după cum am arătat deja în capitolul anterior, acest lucru nu va putea funcţiona: în Teoria Punctului Omega, faptul concret că informaţia totală despre trecut este disponibilă în conul luminos trecut al oricărui eveniment suficient de aproape de Punctul Omega înseamnă, în mod necesar, că informaţia în conul luminos determină în mod unic trecutul (din punct de vedere tehnic, conul luminos este o hipersuprafaţă Cauchy). Argumentul lui Boethius, cum că pur şi simplu observând un obiect nu înseamnă că *ipso facto* îi şi determini proprietăţile, este fals. De fapt, modelul lui de indeterminism este în prezent un model standard de determinism. Lucrul care lui i-a scăpat este acela că există o distincţie crucială între observarea unui obiect dintr-o singură direcţie şi obser-

varea lui simultană din toate direcțiile posibile. Primul tip de observație nu poate efectua determinări, însă al doilea tip de observație poate. Cazul din carte este cel al unui câmp scalar care satisface ecuația Laplace. Să considerăm valorile câmpului în interiorul unei sfere. Să „observi" câmpul înseamnă să-l cunoști într-o regiune anume de pe suprafața sferei; asta nu înseamnă că noi avem o informație *a priori* despre câmpul din interiorul sferei. Dacă cunoaștem valorile unui câmp sau ale oricărui subset corespunzător suprafeței sferice, atunci câmpul are o libertate aproape completă de a prelua virtual orice valoare la orice punct în interiorul sferei. Cu alte cuvinte, „observarea" câmpului într-adevăr nu „impune necesitatea" (cuvintele lui Boethius) asupra valorilor din interiorul câmpului. În orice caz, dacă noi cunoaștem câmpul de pe *întreaga* suprafață a sferei, atunci există o teoremă conform căreia câmpul este în mod unic determinat în tot interiorul sferei. Așa că observarea câmpului simultan din orice direcție înlătură cu totul libertatea acestuia. Libertatea este pierdută când informația totală despre întreg este blocată într-o parte a întregului. Similar, dacă ni-l imaginăm pe Dumnezeu ca separat de spațiu-timp și dacă informația totală privind structura spațiului-timp este codificată deopotrivă în Dumnezeu și în spațiu-timp, atunci sistemul spațiu-timp nu are libertate; el este complet determinat de omniscienta lui Dumnezeu. Oricum, așa cum vom vedea în capitolul următor, acest determinism de fier poate fi slăbit în Teoria Punctului Omega – omniscienta lui Dumnezeu poate fi într-adevăr compatibilă cu libertatea umană. Dar înainte de toate se cere o înțelegere mai adâncă a ceea ce înseamnă determinismul în fizica clasică și, în mod particular, în relativitatea generalizată.

Tipuri de contingență în fizică și relația lor cu evoluția temporală

În teoriile fizicii înainte de relativitatea generalizată s-a pornit de la presupunerea că există un fundal spațiu-timp prin care entitățile fizice – câmpuri și particule – au evoluat. Acest fundal spațial era neschimbat: el nu era influențat în niciun fel de entitățile fizice și exista, fie că erau sau nu entități fizice prin preajmă. După cum a scos în evidență Robert Russell[1], contingența în aceste teorii a apărut în două forme. Întâi a fost contingența naturii celei mai de bază entități fizice, cu o contingență rezultantă în forma ecuațiilor evoluției satisfăcute de această entitate. *A priori,* nu există niciun motiv să alegi o clasă de entități fizice de bază în defavoarea alteia – a existat de fapt o dezbatere în secolul al XIX-lea dacă „materialul" fundamental al universului era constituit din particule atomice sau câmpuri eterice. Mai mult spus, ecuațiile ce guvernau materialul ales nu puteau fi determinate doar prin intermediul operației logice. O suplimentare a observațiilor se cerea de la sine. Dar erau impuse acestor ecuații principii de simetrie sigure, care veneau din presupunerea că legile fizicii nu se schimbă cu timpul sau la o mișcare în spațiu dintr-un punct în altul. De exemplu, conservarea energiei este o consecință a legilor fizicii, fiind neschimbată în cursul „translației temporale" (adică, lagrangeanul din care derivă ecuațiile evoluției rămâne neschimbat dacă t este înlocuit cu t + a, unde a este constantă). Inerția, sau conservarea momentului liniar, este o consecință a legilor fizicii care rămân neschimbate în cursul „translației spațiale" (lagrangeanul este neschimbat dacă toate coordonatele spațiale x sunt înlocuite cu x + a). Astfel, legile conservării sunt chiar o proprietate a ecuațiilor evoluției și sunt într-adevăr o reflectare fizică a naturii eterne și

omogene a fundalului spațial. Fundalul spațiu-timp este cel care în fizica newtoniană susține existența universului fizic, nu atât ecuațiile evoluției sau legile conservării sau principiul inerției.

Al doilea tip de contingență este arbitrariul condițiilor inițiale pentru ecuațiile evoluției. Presupunem că materialul din care este alcătuită natura este un câmp și că ecuațiile evoluției sunt de ordinul doi în timp. Atunci, dat fiind câmpul și primele lui derivate temporale la orice moment inițial, valoarea câmpului la orice moment ulterior sau anterior este în mod unic determinată (presupunând că problema valorii inițiale este bine pusă, ceea ce este în cele mai multe cazuri în interesul fizicii). Dar, în general, va fi un continuum de valori posibile pentru valoarea inițială a câmpului și derivatele sale la toate din aceste valori posibile, alcătuind ceea ce numim „datele inițiale ale spațiului". În antologia fizicii clasice, numai un set de valori inițiale – un „punct" în datele inițiale ale spațiului – se poate realiza fizic. Celelalte valori inițiale corespund unor lumi fizice posibile care nu sunt niciodată reale.

În relativitatea generalizată sunt prezente analogii ale ambelor tipuri de contingențe, menționate mai sus. În completare, aceasta poate fi denumită o contingență de „evoluție" și datorită faptului că în relativitatea generalizată nu există niciun fundal spațiu-timp. Mai degrabă, spațiul-timp este el însuși generat de datele inițiale și de ecuațiile evoluției. Un spațiu-timp este generat de datele inițiale în felul următor. Întâi se presupune că există o *varietate tridimensională*, S. O „varietate" este doar un cuvânt tehnic pentru spațiul fundamental pe care există câmpurile fizice. Mai precis, este orice care seamănă local cu spațiul plat obișnuit de zi cu zi. Suprafața unei sfere – tehnic, această suprafață este denumită o 2-sferă – este astfel un exemplu simplu. Suprafața Pământului este un exemplu

de 2-sferă. La scări mici, o 2-sferă arată plat. De aceea hărțile de drumuri nu pun niciodată în evidență curbura Pământului. Dar la scări mari este importantă curbura, astfel încât 2-sfera nu e un spațiu plat, este o varietate. Un alt exemplu de varietate este suprafața unei gogoaşe. Această suprafață se numeşte *torus*. Încă o dată, de aproape arată ca un spațiu plat, dar de departe are o formă diferită. În spațiul plat adevărat, dacă cineva merge mereu în aceeaşi direcție, se poate depărta la infinit de punctul de unde a plecat. Călătorind în aceeaşi direcție deopotrivă pe sferă sau torus, el se poate întoarce eventual la punctul său de pornire.

Pe S, câmpurile nongravitaționale F (şi derivatele lor corespunzătoare F') şi cele două câmpuri tensoriale h şi K, cu (F, F', h, K) satisfac ecuațiile specifice numite *ecuații de constrângere*. Aceste ecuații de constrângere nu ne spun nimic despre evoluția timpului; mai degrabă ele trebuie considerate drept condiții de consistență printre câmpurile (F, F', h, K) care trebuie satisfăcute la orice moment de timp. Interpretarea fizică a lui h este aceea a unei metrici spațiale a varietății S – „metrica" este ceea ce ne permite nouă să măsurăm distanțele pe S – şi astfel S împreună cu (F, F', h, K) reprezintă întregul univers spațial la un moment al timpului universal. S şi (F, F', h, K) sunt denumite *date inițiale*.

Încercăm acum să găsim o varietate *cvadridimensională* M cu metrica g şi câmpurile nongravitaționale spațiu-timp F, aşa încât (1) M conține pe S ca subvarietate; (2) g restrâns la S este metrica h şi (3) K este „curbura extrinsecă" a lui S în M (de-a dreptul vorbind, K spune cât de repede se schimbă h în „timp"). Varietatea M şi câmpurile (g,F) sunt apoi întregul realității fizice, incluzând fundalul spațiu-timp fundamental – care este (M,g) – câmpul gravitațional (reprezentat de metrica spațiu-timp g) şi

toate câmpurile nongravitaționale (date de F). Va exista o infinitate de astfel de M-uri şi g-uri, dar putem reduce numărul dacă cerem ca g să satisfacă ecuațiile Einstein ale câmpului peste tot pe M şi ca ecuațiile Einstein[2] ale câmpului să se reducă la ecuațiile de constrângere pe S.

Dar chiar impunând ecuațiilor Einstein să apară peste tot, lăsăm infinit de multe spații-timp (M,g) care sunt generate de *aceleaşi* date inițiale la momentul spațiu-timp S. Ca să vedem acest lucru, presupunem că am găsit un spațiu-timp (M,g) care de fapt are S şi datele lui inițiale ca univers spațial într-un moment t_0 al timpului universal. Alegem un alt timp universal t_1 spre viitorul lui t_0 şi înlăturăm tot spațiul-timp în (M,g) spre viitorul lui t_1 (incluzând momentul spațial ce corespunde lui t_1). Aceasta dă un nou spațiu-timp (M',g) care coincide cu (M,g) în trecutul lui t_1, dar care nu are absolut nimic – nici spațiu, nici timp, nici legătură – cu viitorul lui t_1. Această înlăturare a spațiului-timp care nu lasă nimic în locul său este ilustrată în figura 5.1.

Evident, atât (M,g), cât şi (M',g) sunt spații-timp care sunt generate de S şi de datele inițiale ale lui S. Mai departe, ecuațiile Einstein sunt satisfăcute *peste tot* pe ambele spații-timp. Există infinit de multe moduri prin care noi putem înlătura (M,g) în acest fel, aşa că există o infinitate de (M',g)-uri pe care le putem construi. E adevărat, universul (M',g) se sfârşeşte brusc la t_1 fără niciun motiv. Dar de ce aşa? Ideea este că ecuațiile câmpului însele nu ne pot spune că universul fizic ar trebui să continue după timpul t_1. Mai degrabă, în relativitatea clasică generalizată trebuie să impunem ca o presupunere separată, în afară şi peste presupunerea ecuațiilor câmpului şi ale datelor inițiale, că universul fizic trebuie să continue în timp, până când ecuațiile câmpului, ele însele, ne spun că timpul a ajuns la un sfârşit (la singularitatea spațiu-timp, să spunem).

Fără această presupunere separată, ceea ce există în mod real în infinitatea (M',g)-urilor este contingent.

Acest procedeu al înlăturării nu va funcționa în mecanica newtoniană sau în orice fizică ce are un fundal spațiu-timp preexistent. Dacă noi am încerca să cerem câmpurilor fizice să se oprească brusc la t_1, atunci, dacă momentul t_1 şi viitorul lui încă există, „câmpurile ce se opresc brusc" trebuie înțelese precum „câmpuri egale brusc cu zero", ceea ce ar contrazice ecuațiile câmpului. Aşa că, dacă o teorie are un spațiu fundal preexistent, ecuațiile câmpului însele ne spun că universul – sau mai degrabă câmpurile şi particulele ce alcătuiesc materia – trebuie să îşi continue mişcarea. Fundalul spațiu-timp este, mai degrabă

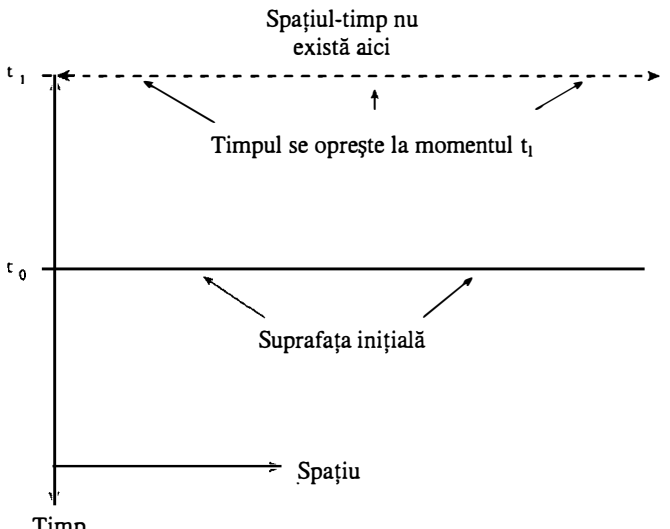


Fig. 5.1. Sfârşitul spațiului-timp (M,g). Spațiul-timp către viitorul timpului t_1 este înlăturat, astfel încât nu există timp, nu există spațiu în viitorul momentului t_1. Universul există între datele inițiale ale suprafeței la momentul t_0 până ce spațiul-timp se opreşte brusc la momentul t_1.

decât ecuațiile evoluției sau legile conservării, cel care susține universul în existență, în teoriile relativității pre-generalizate. Isaac Newton (dacă nu urmașii lui) și-a dat seama de acest lucru, afirmând că spațiul și timpul absolut erau semidivine, „senzorii lui Dumnezeu".

Este posibil să dovedim[3] că există printre toate (M',g)-urile matematic posibile – le putem numi „lumi posibile" – un *unic* spațiu-timp (M,g) „maximal", (M,g) care este generat de datele inițiale pe S. „Maximal" înseamnă că spațiul-timp (M,g) conține și alte (M',g) generate de datele inițiale pe S ca un subset corespunzător. Cu alte cuvinte, (M,g) este spațiul-timp pe care-l obținem prin continuarea evoluției timpului până ce ecuațiile câmpului nu ne mai permit să mergem mai departe. Spațiul-timp maximal care poate fi obținut de la datele inițiale pe o suprafață S cu limite este desenat în figura 5.2. Regiunea spațiu-timp care este determinată de datele inițiale se numește *domeniul dependenței.* O regiune nonmaximală a spațiului-timp generată de la aceleași date de pe același S este prezentată în figura 5.3.

Acest (M,g) maximal este candidatul natural pentru spațiul-timp care este actualizat, dar este important să ținem minte că aceasta este o presupunere fizică; toate (M',g)-urile sunt lumi posibile, și oricare dintre aceste lumi posibile s-ar putea să fi existat cu adevărat.

Odată ce avem maximalul (M,g) generat dintr-un S dat și datele lui inițiale, există o infinitate de alte alegeri de varietăți tridimensionale în M pe care ni le putem imagina ca generând (M,g). De exemplu, putem considera universul spațial și câmpurile pe care acesta le conține acum drept „S cu datele sale inițiale" sau putem considera universul de acum o mie de ani în urmă ca fiind „S cu datele sale inițiale". Ambele ne-ar da același (M,g) din moment ce ecuațiile Einstein sunt deterministe. Tot ce s-a întâmplat și se va întâmpla este conținut implicit în datele

inițiale pe S. Nu e nimic nou sub soare într-o teorie deterministă cum e cea a relativității generalizate. Nu putem întreba de ce câmpul există cât de cât, din moment ce dintr-un punct de vedere al informației acesta e chiar superfluu.

Niciuna din infinitatea varietăților de date inițiale în (M, g) nu poate fi privită în mod unic ca generatoare a întregului spațiu-timp (M, g). Fiecare conține aceeași infor-

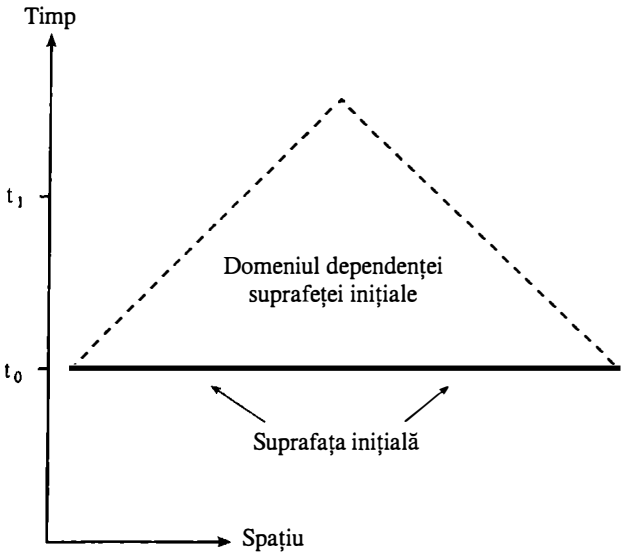


Fig. 5.2. Extinderea maximă a spațiului-timp (M, g) de la datele inițiale ale suprafeței. Datele inițiale ale suprafeței sunt chiar o parte a universului la momentul t_0. Această extindere maximă este definită de către două raze de lumină, una dintr-un capăt al suprafeței și alta din celălalt capăt. Aceste raze de lumină sunt reprezentate prin linii punctate. Extinderea maximă este regiunea delimitată de cele două raze de lumină și suprafața propriu-zisă. Dacă extinderea maximă este întregul spațiu-timp, atunci spațiul-timp se sfârșește brusc la capătul acestor linii punctate.

mație și fiecare va genera același (M, g), incluzând toate celelalte varietăți la datele inițiale.

Chiar și în teoriile deterministe, relațiile dintre entitățile fizice sunt diferite, la momente diferite. De exemplu, două particule mișcându-se sub gravitația newtoniană sunt acum (să zicem) la 2 metri distanță, iar un minut mai târziu la 4 metri distanță. Acest lucru este adevărat chiar dacă, date fiind poziția inițială și vitezele când ele erau la 2 metri distanță, el este determinat ulterior, când ele sunt la 4 metri distanță, un minut mai târziu. Întrebarea este: va putea

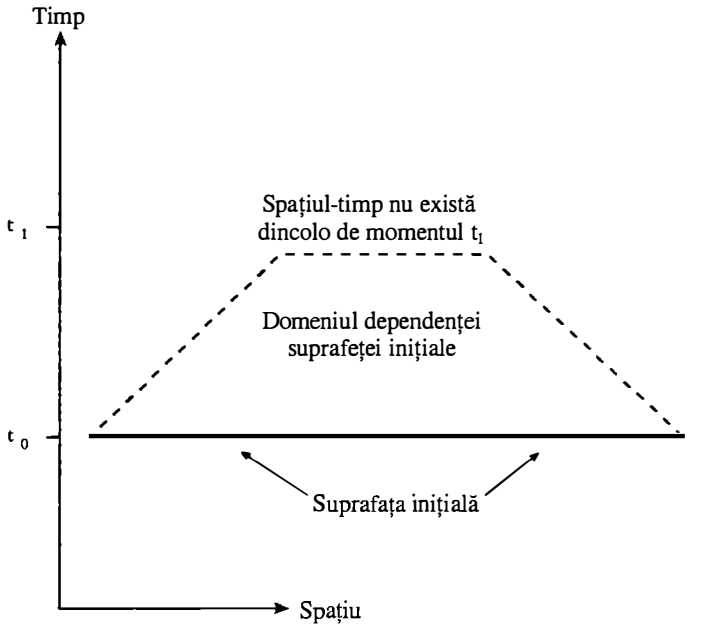


Fig. 5.3. O extindere nemaximală a spațiului-timp (M,g) dintr-o suprafață inițială. Suprafața inițială este aceeași cu cea din figura precedentă. Cu toate acestea, în această figură spațiul-timp este înlăturat în mod arbitrar la momentul t_1. Ca și în figura precedentă, nu există nimic dincolo de liniile punctate sau de momentul t_1.

totalitatea relațiilor la un moment dat să devină aceeași (sau aproape aceeași) la un moment de timp ulterior?

Dacă aceasta se întâmplă, atunci avem oroare de Eterna Reîntoarcere. Cum am arătat în capitolul 3, se poate dovedi că Eterna Reîntoarcere va apărea într-un univers newtonian, cu condiția ca universul să fie finit în spațiu și finit în domeniul vitezelor pe care particulele își permit să le aibă. De asemenea, am arătat în capitolul 3 că, în relativitatea clasică generalizată[4], Eterna Reîntoarcere *nu poate* apărea. Aceasta înseamnă că relațiile fizice existente acum între câmpuri nu se vor repeta niciodată și nici nu se vor întoarce vreodată la aproximativ ceea ce sunt acum. Istoria, înțeleasă ca o secvență temporală nerepetabilă de relații între entități fizice, este reală.

Mecanica cuantică nerelativistă este deterministă

Înțelesul contingenței în mecanica cuantică depinde în mare măsură de care interpretare a teoriei o adoptăm. De exemplu, în cea mai obișnuită versiune a Interpretării de la Copenhaga există o întâmplare cuantică intrinsecă în natură, care adaugă o nouă contingență celor trei tipuri prezentate în capitolul anterior, în timp ce în Interpretarea Lumilor-Multiple (uneori numită Interpretarea Everett, după Hugh Everett, care a propus-o prima dată în 1957, în timp ce era absolvent la Princeton), această întâmplare este pur și simplu un artefact al felului nostru limitat de a observa lumea fizică: mecanica cuantică noncosmologică este complet deterministă. (Voi aduce o dovadă matematică a acestui lucru în *Anexa pentru oamenii de știință*.)

Permiteți-mi să definesc operațional Interpretarea de la Copenhaga și pe cea a Lumilor-Multiple, aplicându-le

ambelor spre analiză cel mai celebru dintre „experimentele mentale" din fizică, experimentul pisicii al lui Schrödinger. Să ne imaginăm, cu unul dintre inventatorii mecanicii cuantice, Erwin Schrödinger, că am pus o pisică într-o cameră de oțel, împreună cu un „dispozitiv diabolic": într-un contor Geiger se află un strat fin de substanță radioactivă, atât de puțină că probabilitatea este doar de 1/2 ca un atom să se descompună și de 1/2 ca niciun atom să nu se descompună. Contorul Geiger este conectat la un releu așa încât, dacă se detectează o descompunere atomică, un ciocan izbește un spray cu o cianură mortală. Dacă nu se detectează nicio descompunere, dispozitivul nu este lovit. Astfel, dacă un atom se descompune, biata pisică moare. Dacă nu, pisica trăiește. Cu toții știm perfect de bine ce vom vedea la sfârșitul unei ore, dacă suntem destul de cruzi să îndeplinim acest îngrozitor experiment: pisica ar putea să fie ori vie, ori moartă.

Conform matematicii mecanicii cuantice, oricum, pisica nu-i în niciuna dintre cele două stări posibile. La sfârșitul unei ore, funcția de undă a pisicii nu este cea a unei pisici moarte și nici cea a unei pisici vii. Mai degrabă, este funcția de undă *deopotrivă* a pisicii moarte *și* a pisicii vii: adevărata funcție de undă este *suma* funcțiilor de undă ale pisicii moarte și ale pisicii vii. Mecanica cuantică arată în mod clar că pisica este în același timp moartă și vie, în flagrantă contradicție cu bunul simț și cu ceea ce noi de fapt vedem. Există un acord universal printre fizicieni că această sumă este exact ceea ce previzionează mecanica cuantică standard. Fizicienii nu s-au pus de acord cum să interpreteze această sumă.

După Interpretarea de la Copenhaga, există un proces numit „reducția funcției de undă", care reduce suma funcțiilor de undă ale pisicii moarte și pisicii vii, fie la funcția de undă a pisicii vii, fie la cea a pisicii moarte (nu împreună), și mai departe reducția este întâmplătoare; în

Experimentul pisicii al lui Schrödinger, aceasta este: jumătate din timp pisica va fi în viață și jumătate din timp va fi moartă. Nu există reguli generale care să decidă ce obiecte fizice au puterea să reducă funcția de undă. Tot ceea ce știm este că funcția de undă a pisicii a fost redusă în timpul în care ea a fost observată de noi, oamenii. Alți fizicieni care acceptă Interpretarea de la Copenhaga cred că e nevoie de conștiință pentru a reduce funcțiile de undă (Penrose și Wigner sunt în această tabără), în timp ce alții cred că orice obiect „mare" poate realiza exact același lucru (mentorul meu, marele fizician american John A. Wheeler este în această tabără). Oricum, atât oamenii, cât și obiectele „mari" sunt toți făcuți din atomi, fiecare se mișcă conform mecanicii cuantice standard, fără să apară vreo reducție a funcției de undă, așa încât este greu să vedem exact cum reducția funcției de undă își face apariția în natură peste tot.

După Interpretarea Lumilor-Multiple, nu există nicio reducție a funcției de undă. De aceea, după o oră în camera de oțel, pisica este într-adevăr în starea cuantică „pisică moartă plus pisică vie". Interpretarea Lumilor-Multiple rezolvă o insuficiență evidentă, spunând că descompunerea radioactivă a atomului a forțat pisica și celelalte piese de echipament să se împartă în două lumi diferite: pisica este vie într-una dintre lumi și moartă în cealaltă. Dacă încercăm să vedem dacă pisica este moartă sau vie, atunci și noi ne împărțim în două. Într-una din lumi noi vedem pisica moartă, în cealaltă o vedem vie. Faptul remarcabil al Interpretării Lumilor-Multiple este că, odată ce presupunem că toate obiectele, fără excepție, sunt descrise de mecanica cuantică – inclusiv ființele umane, atunci matematica mecanicii cuantice ne forțează să acceptăm Interpretarea Lumilor-Multiple. (Voi descrie matematica relevantă în *Anexa pentru oamenii de știință*.)

De atunci Teoria Punctului Omega este în mod fundamental o teorie cosmologică; adică ea este fundamental

o cosmologie cuantică; eu sunt virtual forțat să adopt Interpretarea Lumilor-Multiple, pentru că numai în această interpretare are sens să vorbim despre un univers cuantic şi ontologia lui. Din moment ce Interpretarea de la Copenhaga presupune că „reducția funcției de undă" a eliminat efectele cuantice la scări cosmologice, la un timp extrem de scurt după Big Bang, universul astăzi nu este cuantic decât pe scări mici. După cum tocmai am spus, problema acestei supoziții este că reducția funcției de undă este aproape în întregime misterioasă – nu avem reguli să decidem ce entitate materială poate reduce funcția de undă – aşa încât este imposibil să dăm o analiză pătrunzătoare a contingenței când acest proces este operativ. Interpretarea Lumilor-Multiple nu suferă de acest regres: nu există reducție a funcției de undă şi realitatea fizică este descrisă complet de funcția de undă a universului. Universul este tot atât de cuantic acum cât era şi la început. În Interpretarea Lumilor-Multiple, raza universului este chiar una dintre multele variabile cuantice, la fel ca viața pisicii din Experimentul pisicii al lui Schrödinger. Prin urmare, există universuri cu diferite raze la expansiunea maximă, după cum am arătat în figura 5.4. Se întâmplă ca noi să trăim în unul dintre aceste universuri, dar există şi alte universuri – şi, aproape la fel, alte versiuni ale noastre în ele. *Acestea sunt Istorii Multiple.*

Desigur, Interpretarea Lumilor-Multiple poate fi greşită; mulți fizicieni cred acest lucru. Dar majoritatea oamenilor ce lucrează în cosmologia cuantică subscriu la o versiune a Interpretării Lumilor-Multiple, pur şi simplu pentru că matematica ne forțează să o acceptăm. Matematica poate fi o iluzie, fără referință la realitatea fizică. Situația poate fi similară cu aceea a fizicii timpurii din secolul al XVII-lea; astronomii au crezut că Pământul merge în jurul Soarelui pentru că matematica sistemului copernician i-a obligat să creadă asta. Doar foarte puțini

discipoli sau oameni obişnuiţi au crezut că Pământul se mişcă. Propriile lor simţuri le spuneau că nu se mişcă. Marele astronom german din secolul al XVI-lea, Johannes Kepler, a consemnat într-o scrisoare datată 26 martie 1598: „Nu există niciun astronom care să pună aceste noi ipoteze (ale lui Copernic) puţin în urma celor ale Antichităţii; lupta împotriva lui Copernic este alimentată exclusiv şi în întregime de filosofii naturalişti, metafizicieni şi teologi".[5]

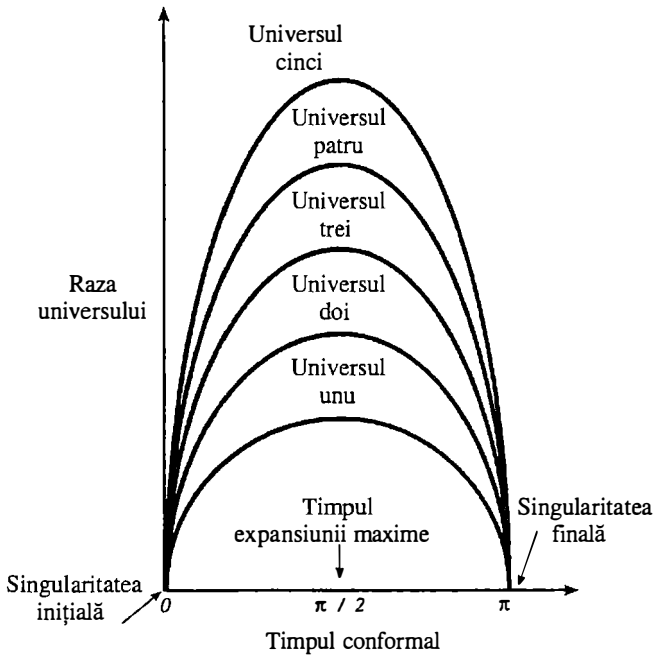


Fig. 5.4. Ramificarea universului conform Interpretării Istoriilor-Multiple. Singura variabilă în acest model simplu este raza universului. Axa verticală este raza universului, iar axa orizontală este timpul (care va fi definit în Anexă). O măsurătoare timpurie în timp determină despicarea universului în Istorii-Multiple, dintre care cinci sunt ilustrate în figură.

În cele ce urmează voi adopta Interpretarea Lumilor-Multiple.

Omul de ştiinţe politice L. David Raub[6] a pus la vot 72 de cosmologi cuantici de frunte şi alţi teoreticieni ai câmpului cuantic în legătură cu opinia lor privind adevărul Interpretării Lumilor-Multiple. Posibilele răspunsuri au fost: (1) „Da, cred că MWI (*Multiple Worlds Interpretation*) e adevărat"; (2) „Nu, nu accept MWI"; (3) „Poate că e adevărat, dar nu sunt destul de convins" şi (4) „Nu am nicio părere de un fel sau altul". Rezultatele votului au fost: 58% au spus da, 18% au spus nu, 13% au spus poate şi 11% nu au avut nicio părere. În coloana cu „da" erau Stephen Hawking, Richard Feynman şi Murray Gell-Mann, în timp ce în cea cu „nu" era inclus Penrose. Scrisoarea lui Hawking către Raub afirma următoarele: „«Lumi-Multiple» este un nume prost pentru aceasta, dar în esenţă este corect". (Hawking foloseşte expresii tari în conversaţii private; odată el mi-a spus că „MWI este trivial de adevărat!".) Într-un comentariu pe marginea unei lucrări a fizicianului american Bryce DeWitt, care este promotorul de frunte al MWI, Gell-Mann a fost în esenţă de acord cu Hawking: „...Lăsând de o parte limbajul nefericit, fizica lui Everett este OK, deşi cumva incompletă".[7] (Hawking şi Gell-Mann preferă să numească MWI – Interpretarea Istoriilor-Multiple.) În cea mai recentă carte a sa, *Dreams of a Final Theory,* Steven Weinberg[8] vine, de asemenea, în spiritul Interpretării Lumilor-Multiple.

Propun aceste rezultate nu ca pe o dovadă a valabilităţii MWI – adevărul ştiinţific nu este decis de un vot al majorităţii –, ci ca pe o dovadă că majoritatea specialiştilor din cosmologia cuantică simt la fel ca mine: matematica ne forţează să acceptăm MWI. Acelor cititori care sunt înclinaţi să se dispenseze de MWI, fiindcă sună aşa aerian, le propun aceste rezultate ca pe o inducţie

pe care s-o reconsidere: fizicieni de talia lui Feynman, Hawking, Gell-Mann şi Weinberg nu acceptă teorii, în mod special teorii în afara domeniului, fără să le gândească serios. Hawking, Feynman, Gell-Mann şi Weinberg sunt, dincolo de orice îndoială, patru dintre cei mai mari fizicieni ai secolului al XX-lea. Faptul că ei au acceptat MWI ar trebui să vă indice faptul că nici voi n-ar trebui să-l respingeţi, fără argumente foarte serioase.

Interesant, ceea ce m-a convins pe *mine* de adevărul interpretării MWI a fost nu o reflecţie adâncă asupra matematicii mecanicii cuantice, ci o conştientizare bruscă a faptului că şi la nivel macroscopic necuantic trebuie să tratăm istoriile alternative ca fiind reale, pentru a ne ocupa adecvat de lumea în care trăim. Mai târziu, în 1970, eram postdoctorandul lui John Wheeler la Universitatea din Texas şi, într-o zi, m-am nimerit să citesc o colecţie de eseuri ale economistului Friedrich Hayek, laureat al Premiului Nobel. Unul dintre aceste eseuri se ocupa cu ideea de „capital", iar Hayek scria că singura definiţie corectă a „stocului de capital" posedat de o societate este o listă completă de fluxuri de venituri alternative pe care le-ar putea genera, în timp, resursele societăţii. „De ce", mi-am zis, „asta-i exact Interpretarea Lumilor-Multiple!". (Mă voi întoarce la definiţia lui Hayek asupra „capitalului" în capitolul 10.)

Un pic de gândire va aduce alte exemple ale necesităţii de a privi alternativele istorice drept reale. Un exemplu din fizica clasică a fost dat în capitolul 2. Din moment ce orbita Pământului este haotică, din punct de vedere experimental este lipsit de semnificaţie să vorbim despre trecutul istoric al orbitei Pământului. *Adevărata* istorie trecută a Pământului este „domeniul de echivalenţă" al tuturor istoriilor care sunt consistente cu ceea ce noi ştim despre poziţia actuală a Pământului. (Un „domeniu de

echivalență" este o colecție de obiecte considerate în minte ca fiind o entitate. Punctul Omega este domeniul de echivalență al tuturor evenimentelor spațio-temporale.) Istoria trecută a Pământului e într-adevăr o Istorie-Multiplă. Pământul, cel mai „macroscopic" obiect din experiența noastră obișnuită, ne spune să adoptăm Intrepretarea Lumilor-Multiple.

Mai este un motiv pentru care trebuie să fiu cu mintea deschisă către MWI. Este adevărat că noi putem dovedi ca fiind adevărat ceea ce multor oameni le-ar plăcea să fie adevărat. Considerând că ființele umane sunt obiecte mecanice cuantice ca oricare altele, voi dovedi că este posibil pentru fiecare dintre noi să fie înviat şi să trăiască veşnic, pentru totdeauna. Mai mult, aplicând Intrepretarea Lumilor-Multiple la ontologia cosmologiei cuantice, voi fi capabil să dovedesc faptul că noi avem probabil liber arbitru. În capitolul 6 voi argumenta cum, invers, o ontologie a Lumilor-Multiple este o necesitate logică pentru liberul arbitru: dacă Lumile-Multiple nu ar exista, atunci ne-am găsi în imposibilitatea logică de a avea liber arbitru.

versiunea cuantică a teoriei punctului omega

Ideile de bază ale cosmologiei cuantice

În cosmologia cuantică tradițională, universul este reprezentat de o funcție de undă Ψ(h,F,S), în timp ce în relativitatea clasică generalizată, h şi F sunt respectiv metrica spațială şi câmpurile nongravitaționale date pe o varietate tridimensională S *fixă*. (Amintiți-vă din capitolul 5 că „varietatea" este „spațiul" fundamental, iar metrica este măsura distanțelor pe acest spațiu fundamental.) Varietatea tridimensională şi topologia ei este fixă. Datele[1] inițiale în cosmologia cuantică nu sunt (h,F) date pe S, după cum era cazul în relativitatea clasică generalizată, ci mai degrabă Ψ(h,F,S). De la aceste date inițiale, o ecuație numită ecuația Wheeler–DeWitt determină Ψ(h,F,S) pentru toate valorile lui h şi F. Cu alte cuvinte, funcția de undă, nu metrica sau câmpul nongravitațional, este câmpul fizic de bază în cosmologia cuantică. Funcția inițială de undă este cea care trebuie să ne fie dată, dar, odată dată, ea este determinată peste tot. Ceea ce înțelegem prin cele mai fundamentale câmpuri din relativitatea clasică generalizată, numite h şi F,

este că acestea joacă rol de coordonate în cosmologia cuantică. Dar asta nu înseamnă că h şi F nu sunt reale. Sunt la fel de reale cum sunt şi în teoria clasică. Dar asta într-adevăr înseamnă că mai mult decât un h şi F există pe S în acelaşi timp. Ca să înţelegem aceasta, amintim că metrica clasică h(x) este o funcţie a coordonatelor spaţiale pe varietatea S. Această metrică are valori (nenule) în toate punctele de pe S; aceasta este pentru întreaga gamă a coordonatelor, care variază pe S, echivalent cu a spune cum mergem noi dintr-un punct în altul, în univers. Fiecare valoare a lui h(x) este egal reală şi toate valorile lui h în toate punctele lui S există simultan. Similar, punctele în domeniul funcţiei de undă Ψ(h,F,S) sunt valori posibile variate ale lui h şi F, fiecare set (h,F) corespunzând unui univers complet la un moment de timp dat. Pretenţia centrală a Interpretării Lumilor-Multiple este că fiecare dintre aceste universuri există efectiv, chiar dacă există diferiţi h(x) în diferite puncte ale lui S: realitatea cuantică este alcătuită dintr-un număr infinit de universuri (lumi). Desigur, nu suntem conştienţi de aceste lumi – suntem conştienţi numai de una – dar legile mecanicii cuantice explică: trebuie, în general, să fim la fel de inconştienţi de aceste lumi paralele, cum suntem de mişcarea Pământului în jurul Soarelui. (În condiţii extreme, de exemplu lângă singularităţi, *este* posibil pentru aceste lumi să se influenţeze una pe alta în mod mult mai evident decât o fac acum.)

Ca să fixăm datele iniţiale clasice, noi alegem *o funcţie* h(x) dintr-un număr infinit de funcţii metrice posibile care ar fi putut exista pe S. Toate aceste lumi posibile conţin un spaţiu al funcţiei. Ca să fixăm datele iniţiale cuantice, alegem o *funcţie de undă* Ψ(h,F,S) dintr-un număr infinit de funcţii de undă posibile care ar fi putut fi în spaţiul funcţiilor clasice (h,F). Amintiţi-vă că, oricum, toate valorile spaţiului funcţiei (h,F) *se află într-adevăr* simultan pe S. În cosmologia cuantică, colecţia tuturor funcţiilor de undă posibile

formează setul lumilor posibile; ceea ce este contingent este ceea ce actualizează o funcție de undă universală unică. Dar lumile posibile ale cosmologiei clasice – spațiul tuturor (h,F) posibile pe S – nu mai sunt contingente în cele din urmă. Toate sunt actualizate.

În cosmologia tradițională cuantică, *nu există timp pe nivelul fizic cel mai de bază.*

Funcția de undă universală Ψ(h,F,S) este tot ceea ce găsim şi nu există nicio referință la o varietate cvadridimensională M sau la o metrică cvadridimensională g în funcția de undă. La nivelul ontologic cel mai de bază, timpul nu există. Totul se află pe varietatea tridimensională S. Cum e posibil? Desigur, noi vedem timp. Dar chiar îl vedem? Ceea ce vedem noi este relația dintre obiecte – configurații ale câmpurilor fizice – în spațiu. În capitolul 3, referitor la discutarea Eternei Reîntoarceri, am susținut că timpul şi istoria ar putea fi într-adevăr reale numai dacă relațiile spațiale dintre diferite câmpuri nu se întorc niciodată la o stare anterioară. În cosmologia cuantică, nu există spațiu-timp în care relațiile spațiale dintre câmpuri să se poată schimba. Mai degrabă, tot ce avem noi sunt căi (traiectorii) în colecția (h,F) a tuturor relațiilor posibile între câmpurile fizice pe S. Dar asta e destul pentru că fiecare astfel de cale defineşte o istorie, un spațiu-timp complet.

Pentru a înțelege aceasta, să ne imaginăm că suntem într-un punct P, în (h,F), şi am ales o cale specială γ în (h,F), pornind din P. Fiecare punct, amintiți-vă, corespunde unui întreg univers (spațial). Pe măsură ce mergem de-a lungul lui γ, relațiile dintre câmpurile fizice variază uşor de la valorile lor în P. *Această variație poate apărea ca o variație temporală* dinlăuntrul căii γ, fiindcă fiecare punct de pe γ este un univers spațial complet, şi astfel secvența punctelor constituie o secvență de universuri spațiale. Dar aceasta este

exact acelaşi lucru cu varietatea cvadridimensională clasică M, care îşi obţine extradimensiunea oprind această secvenţă de S-uri pe vârful fiecăreia dintre celelalte[2], cu o metrică spaţială g şi câmpuri spaţiu-timp F. În analiza clasică de mai sus am obţinut (M,g) ca extensie a lui S şi a câmpurilor sale. Fiecare (h,F) este astfel o întreagă istorie universală clasică, un întreg spaţiu-timp.

Toate căile din (h,F) există cu adevărat, ceea ce înseamnă că toate – şi mă refer la absolut toate – istoriile care sunt consistente cu „materialul" fiinţei universului (h,F) există cu adevărat. În particular, chiar şi istoriile care sunt în ansamblu inconsistente cu legile fizicii apar cu adevărat. Căile închise în (h,F) evident că există, aşa că există istorii în care Eterna Reîntoarcere este adevărată. Există, de asemenea, şi istorii reale care conduc către starea noastră actual observabilă a universului – punctul P în (h,F) – în care personaje istorice reale – de exemplu, Iulius Cesar – nu au existat vreodată. Ce se întâmplă într-o astfel de istorie este că înseşi câmpurile fizice se rearanjează în afara timpului (mai exact în afara căii corespunzând acestei istorii ciudate) ca să creeze false amintiri, incluzând nu doar amintiri umane, ci şi alte „amintiri" într-un număr uriaş de date scrise şi monumente masive. Aşa cum există o infinitate de trecuturi reale care au condus la starea prezentă, aşa există o infinitate de viitoruri într-adevăr reale care derivă din starea prezentă. Aşa că fiecare viitor consecvent nu este doar posibil, el se şi întâmplă cu adevărat. Dar nu toate viitorurile sunt la fel de probabile să poată fi văzute. Există o traiectorie în (h,F) plecând de la un punct dat P, care este copleşitor mai probabilă să urmeze din P decât toate celelalte. Această traiectorie se numeşte *traiectoria de fază*. De-a lungul ei, la cea mai joasă limită de energie, legile fizicii se susţin şi amintirile sunt demne de încredere. La această limită energetică joasă putem denumi traiectoria de fază *traiectoria*

clasică. O traiectorie clasică în (h,F) este o traiectorie de fază care generează un spațiu-timp clasic (M,g) care se supune ecuațiilor Einstein. Ca să vizualizăm aceste traiectorii de fază să privim figura 5.4. Fiecare curbă este o traiectorie de fază.

Până acum nu am spus ce face funcția de undă Ψ ea singură. Dar ea, singură, trebuie să facă ceva fizic detectabil, ceva necodificat în câmpurile (h,F). Dacă ea nu exercită efect fizic, atunci am putea-o omite din fizică; ea nu ar avea existență reală. Dar am pretins mai sus că avem de a face cu un câmp *real,* la fel de real ca și câmpurile (h,F).

Ceea ce face Ψ este să determine seria tuturor traiectoriilor de fază și astfel „probabilitățile" care sunt asociate cu fiecare punct și fiecare traiectorie în (h,F). O funcție de undă este o funcție complexă și toate funcțiile complexe sunt de fapt duble-funcții: o „magnitudine" și o „fază". Traiectoriile de fază sunt prin definiție acelea care sunt perpendiculare pe suprafețele de fază constantă. Pătratul magnitudinii într-un punct P din (h,F) reprezintă „probabilitatea" acelui punct. Fizicienii Heisenberg și Mott au arătat[3] că, dacă „probabilitatea" are înțelesul ei obișnuit, atunci dat fiind faptul că suntem (aproximativ) în P, probabilitatea condițională de a merge către un punct Q alăturat este maximă dacă Q se află de-a lungul traiectoriei de fază care trece prin P, cel puțin în cazul hamiltonian-ului particulelor nerelativiste libere. Probabilitatea relativă este foarte aproape de 1 pe traiectoria de fază și scade rapid către 0 pe măsură ce ne depărtăm de traiectoria de fază care unește P și Q.

Toată fizica este conținută în funcția de undă. De fapt, legile fizicii însele sunt superflue. Ele sunt codificate în funcția de undă. Legile clasice ale fizicii reprezintă chiar acele regularități care sunt văzute ca fiind valabile de-a lungul unei traiectorii clasice de către observatori aflați pe

acea traiectorie clasică. De-a lungul altor căi, ar putea fi alte regularități, diferite legi ale fizicii. Şi aceste traiectorii există şi de aici înainte aceste alte legi ale fizicii stăpânesc cu adevărat; este extrem de improbabil să le vedem operând. Ecuația Wheeler–DeWitt pentru funcția de undă este ea însăşi superfluă. Este pur şi simplu un sprijin care să ne ajute să găsim funcția de undă reală a universului. Dacă am şti condițiile la limită pe care le satisface funcția de undă a universului real, atunci am putea deriva ecuația Wheeler–DeWitt, care este doar o ecuație particulară (printre multe altele) pe care funcția de undă se întâmplă să o satisfacă. Astfel, în cosmologia cuantică nu există contingență reală în legile fizicii. Oricare dintre legile fizicii susține o anume traiectorie şi legile fizicii guvernând funcția de undă universală pot fi derivate din funcția de undă. Toată contingența în cosmologia cuantică este în funcția de undă ori, mai degrabă, în „condițiile la limită" care selectează funcția de undă care există în mod real.

Condiția la Limită Hartle–Hawking a funcției de undă universale

Există o trăsătură arbitrară în cosmologia cuantică tradițională, numită alegerea varietății tridimensionale fixe pe S. Există multe posibilități; de ce s-ar realiza numai una? A fost marea contribuție a lui Hawking şi Hartle să elimine această contingență a funcției de undă, permițând funcției de undă să fie o funcție a oricărei varietăți tridimensionale: punctele în domeniul funcției de undă Hartle–Hawking Ψ(h,F,S) sunt valori posibile variate ale lui h, F *şi* S cu fiecare set (h,F,S) corespunzând unui univers complet, la un moment dat.

Funcția de undă $\Psi(h,F,S)$ este determinată de Condiția la Limită Hartle–Hawking care spune răspicat[4] că „funcția de undă universală este determinată de faptul că singura limită a unei căi date este (h,F,S)-ul său". (Hawking preferă să exprime aceasta spunând că „singura condiție la limită este că nu există limită".) Hawking și Hartle au arătat că, în cazul special în care S este păstrat fix, funcția de undă restrânsă a fost calculată pornind de la Condiția la Limită Hartle–Hawking satisfăcută local de ecuația Wheeler–DeWitt, dar în cazul general nu. De fapt, în general, funcția de undă nu ar putea satisface orice ecuație diferențială, din moment ce S nu este o variabilă continuă. (Dacă domeniul tuturor varietăților tridimensionale compacte nu poate fi clasificat – dacă există un algoritm pentru a le clasifica este în prezent o problemă deschisă[5] – atunci *nicio* ecuație, diferențială sau altfel, pentru $\Psi(h,F,S)$ nu există; în acest caz ar fi logic imposibil să-l calculăm pe $\Psi(h,F,S)$.

Ceea ce permite generalizarea Hartle–Hawking, spre deosebire de cosmologia clasică cuantică, nu este schimbarea topologiei. Există un consens general printre teoreticienii câmpului cum că o teorie cuantică acceptabilă ar trebui să admită fluctuații în oricare dintre aparițiile în domeniul funcției de undă: dacă h fluctuează, atunci și S ar trebui să fluctueze. Oricum, dacă acceptăm acest consens, atunci propunerea Hartle–Hawking nu merge destul de departe. Este știut că, din punct de vedere clasic, schimbarea topologiei trebuie însoțită de violarea cauzalității. Asta înseamnă, în particular, că orice codimensiune cu o exfoliere a lui (M,g) nu va admite un h care este peste tot ca un spațiu pe toate varietățile tridimensionale S ale exfolierii. În cazul în care noi admitem posibilitatea fluctuațiilor în topologie, atunci mai bine ar fi să admitem posibilitatea că h poate fluctua așa încât să arate ca un spațiu într-o parte a lui S sau ca un timp, sau nimic, în altele. Dacă toată geometria,

deopotrivă h şi S, apar într-o structură adâncă, de exemplu teoria stringurilor, atunci această posibilitate devine mai rațională, din moment ce în structura mai adâncă este improbabil de distins clar între timp şi spațiu.

Există două motive pentru care h este necesar să fie numai spațiu. Întâi, gravitația cuantică tradițională a fost exprimată în formă hamiltoniană şi o atare formulare a necesitat o distincție globală abruptă între spațiu şi timp. Aceasta a însemnat că arena gravitației cuantice tradiționale a fost mult mai limitată decât relativitatea clasică generalizată, care ia în considerare toate varietățile cvadridimensionale M ce admit o metrică Lorentz g. Generalizarea Hartle–Hawking, care consideră toate varietățile cvadridimensionale M, calculează funcția de undă Ψ(h,F,S), euclidienizând acțiunea Einstein în integrala de drum (acest procedeu face ca integrala de drum să fie convergentă). În generalizarea Hartle–Hawking nu este admisă nicio metrică Lorentz. Singurele cvadri-metrici admise sunt acelea care arată peste tot ca un spațiu. Mai departe, varietățile cvadridimensionale considerate în generalizarea Hartle–Hawking nu există în realitate: ele sunt doar construcții calculabile folosite la calculul lui Ψ(h,F,S) şi, când Ψ(h,F,S) este obținut, sunt ignorate. Aceasta e desigur contrar filosofiei fizice a Interpretării Lumilor-Multiple, în care traiectoriile sunt considerate ca existențe reale.

Al doilea şi cel mai important motiv pentru care h trebuie privit ca un spațiu este ca interpretarea funcției de undă să fie în mod tradițional aceea a unei amplitudini de probabilitate, la un moment dat. (O „amplitudine de probabilitate" este o cantitate a cărei suprafață este probabilitatea). Această interpretare impune timpului să fie clar distins de spațiu: numai ultima este o variabilă cuantică adevărată care poate exista în domeniul funcției de undă. Această interpretare a funcției de undă este motivul real pentru care

gravitația cuantică tradițională a fost exprimată în formă hamiltoniană. Dar distincția clară între spațiu și timp este contrară fizicii relativității.

Condiția la Limită a Punctului Omega pentru funcția de undă universală

Propun să rezolvăm dilemele de mai sus concentrându-ne atenția pe domeniul funcției de undă și al interpretării funcției de undă, precum și pe obținerea dinamicii doar din condiția la limită.

Voi presupune că acest domeniu al gravitației cuantice reprezintă clasa tuturor varietăților cvadridimensionale care admit o metrică Lorentz g; domeniul este același cu cel al relativității generalizate clasice. Acum, există o teoremă[6] care spune că toate varietățile cvadridimensionale care admit o metrică Lorentz admit și o exfoliere a codimensiunii unu. (Aceasta înseamnă că varietățile cvadridimensionale pot fi exprimate ca un teanc de varietăți tridimensionale. Gândim teancul de varietăți ca un teanc de pișcoturi foarte subțiri. Fiecare component al teancului – fiecare pișcot – este numai o „foaie" și întregul teanc este denumit „exfoliere".) În condiții general corecte, putem găsi exfolieri astfel încât foile consecutive ale exfolierii să poată fi considerate ca definind momente diferite de timp.[7] În acest caz, exfolierea poate fi scrisă S(t), unde S(t) este varietatea tridimensională la valoarea parametrului t. Astfel de exfolieri sunt cunoscute că există în spațiul-timp global hiperbolic sau în spațiul-timp cauzal stabil, dar aceste exfolieri vor exista și în multe spații-timp ce nu sunt cauzal stabile. (În mare, un spațiu-timp „global hiperbolic" este unul care este complet determinist; un spațiu-timp „cauzal stabil" este unul care, așa cum îi arată numele, este cauzal stabil – cauzalitatea nu este

distrusă dacă el variază uşor.[8]) O astfel de exfoliere va avea o metrică h(t) – care poate fi sau nu ca un spaţiu peste tot pe S(t) – care este determinată într-un mod uzual de la cvadrimetrica g spre varietatea cvadridimensională M.

Ideea este de a lăsa domeniul funcţiei de undă universale să fie S(t) şi câmpurile F(t) şi h(t), care sunt determinate pe S(t) de proiecţia uzuală a înfăşurătorii spaţiilor-timp (M,g). Putem scrie dependenţa funcţională ca fiind $\Psi = \Psi(h(t),F(t),S(t))$. Orice colecţie de (h,F,S) care nu poate fi reprezentată precum câmpurile determinate pe o folie a exfolierii unui spaţiu-timp oarecare va fi declarată ca având $\Psi(h,F,S) = 0$. Invers, vor fi în general multe spaţii-timp (M,g) care admit acelaşi (h,F,S). Printre acestea vor fi foarte puţine (sau probabil zero) cele al căror viitor (cu oarecare sarcină de „trecut" şi „viitor") la limita c este un singur punct.

Mi-ar plăcea să propun

> ***Condiţia la Limită a Punctului Omega*** **pentru funcţia de undă universală:**
> Funcţia de undă a universului este acea funcţie de undă pentru care toate traiectoriile de fază se termină într-un (viitor) Punct Omega, cu viaţa continuând în viitor pentru totdeauna de-a lungul fiecărei traiectorii de fază în care ele evoluează tot drumul până la Punctul Omega.

Pentru a da acestei condiţii la limită semnificaţie fizică, este necesar să definim „viaţa" în mod pur fizic. Acest lucru l-am făcut deja în capitolul 4: înseamnă doar că acele condiţii (1)–(3) ale definiţiei „viaţa continuă la nesfârşit" într-un univers clasic se aplică într-o traiectorie de fază.

Se elimină (aşa cum era de aşteptat) faptul că acea Condiţie la Limită Hartle–Hawking nu satisface Condiţia la Limită a Punctului Omega; viaţa devine eventual extensibilă de-a lungul tuturor traiectoriilor de fază în universul cuantic

Hartle–Hawking. Hartle[9] a subliniat faptul important că unul dintre lucrurile pe care trebuie să le facă o condiție la limită pe funcția de undă universală este să justifice existența traiectoriilor clasice. Există multe funcții de undă pentru care traiectoriile de fază – istoriile de probabilitate maximă – nu sunt foarte aproape de nicio soluție a ecuațiilor Einstein clasice, așa că nu există traiectorii clasice. Pentru astfel de funcții de undă, istoria pe care noi o observăm poate fi extrem de improbabilă, ceea ce nu pare plauzibil. Cu Condiția la Limită Hartle–Hawking, traiectoriile de fază care rezultă în omogenitate și izotropie pot arăta ca având probabilitate maximă, și mai departe, o analiză arată că ființele umane pot evolua doar într-un univers care e aproape de omogenitate și izotropie. Astfel, existența traiectoriilor clasice este justificată de autoselecția „antropică" în Condiția la Limită Hartle–Hawking. Cu Condiția la Limită a Punctului Omega, existența vieții purtătoare de traiectorii de fază este fundamentală pentru condiția la limită în sine; evoluția și continua existență a vieții sunt mai importante logic. Dacă o traiectorie de fază nu există pentru coordonatele noastre (h,F,S), în care viața ar putea continua, Punctul Omega nu ar exista. Ca mai înainte, o analiză antropică slabă arată că, dacă legile fizicii au deviat în mare măsură de la legile clasice, de la un moment la altul, noi nu am putea continua să trăim, așa încât Condiția la Limită a Punctului Omega cere cel puțin câteva traiectorii de fază care să ne poată da istoriile clasice în care evoluăm efectiv.

Scot în evidență în *Anexa pentru oamenii de știință* construcția unui model cosmologic Friedmann simplu cuantificat în care toate traiectoriile de fază sunt traiectorii clasice care se termină într-un singur punct c de graniță. Oricum, așa cum am văzut în capitolul 2, viața nu poate supraviețui într-un univers Friedmann cu mărime arbitrar de mare la expansiunea maximă, așa că astfel de istorii sunt eliminate

de Condiția la Limită a Punctului Omega. Similar, universurile ale căror raze la expansiunea maximă există pentru un timp prea scurt pentru ca viața să poată evolua vreodată în ele. Astfel, cu Condiția la Limită a Punctului Omega, figura 5.4, care ilustrează Istoriile-Multiple ale universului, ar trebui să fie modificată: istoriile cu mărime maximă prea mică sau prea mare sunt eliminate conform Condiției la Limită a Punctului Omega. Acest lucru este ilustrat în figura 6.1.

Descriu în *Anexa pentru oamenii de știință* formularea matematică precisă a Condiției la Limită a Punctului Omega. Presupun, dar nu pot dovedi, că această formulare dă o singură funcție de undă pentru univers.

Implicații teologice: funcția de undă universală, ca Sfântul Duh

Să presupunem că acea Condiție la Limită a Punctului Omega dă o funcție de undă unică. Asta ar însemna că legile fizicii și fiecare entitate care există fizic ar fi generate de Punctul Omega și proprietățile lui de a exista. Pentru că aceste proprietăți determină funcția de undă universală, și funcția de undă determină orice altceva. În orice interpretare și cu orice condiție la limită, funcția de undă universală este câmpul unic care dă ființă tuturor celorlalte câmpuri – câmpuri electroslabe, câmpurile gluon, câmpurile quark, câmpurile lepton, în final toate câmpurile fizice uzuale. Cu Condiția la Limită a Punctului Omega, acest câmp autodeterminat devine în ultimă instanță personal. Deci, avem un câmp fizic atotcuprinzător care dă viață întregii ființe, tuturor celor ce viețuiesc și care, el însuși, e generat de ființa ultimă pe care o definește.

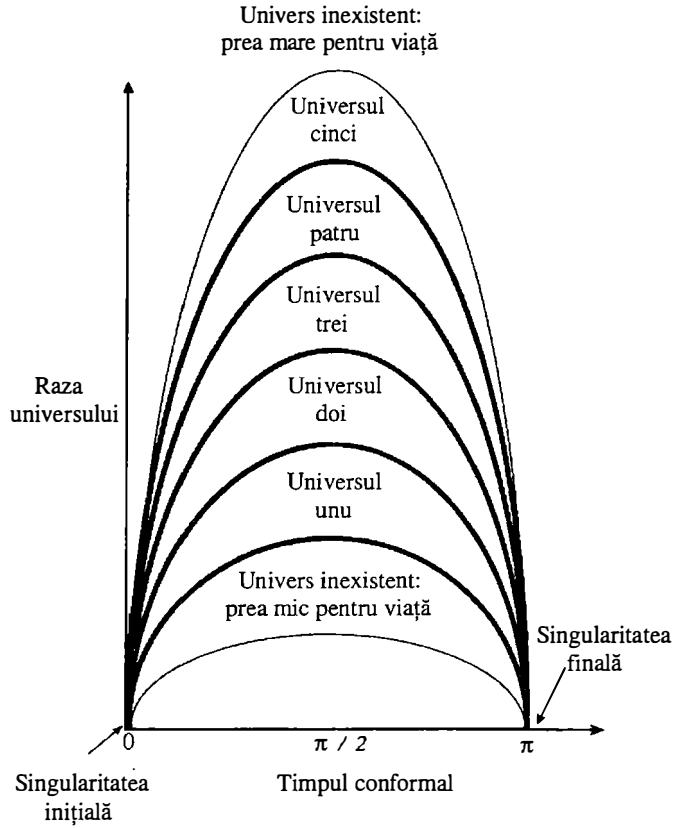


Fig. 6.1. Ramificarea universului conform Interpretării Istoriilor-Multiple, cu Condiția la Limită a Punctului Omega impusă. Curbele groase reprezintă universurile care au viață în ele pe tot drumul către Punctul Omega, și, deci, funcția de undă a Universului este nenulă de-a lungul acestor traiectorii. Sunt ilustrate și două alte universuri (curbe mai subțiri) care nu au viață în Punctul Omega, unul deoarece recolapsează în singularitatea finală, înainte ca viața să aibă o șansă de a se desfășura, iar celălalt, deoarece îi ia prea mult timp să atingă expansiunea maximă. Funcția de undă este nulă de-a lungul ambelor acestor traiectorii.

În câteva lucrări ale teologului german Wolfhart Pannenberg se sugerează faptul că există un câmp fizic atotcuprinzător care poate fi considerat o sursă transcendentă a vieții. Eu pretind că funcția de undă universală cu Condiția la Limită a Punctului Omega este un bun candidat pentru un astfel de câmp. Condiția la Limită a Punctului Omega cere în mod explicit ca funcția de undă să forțeze universul fizic pentru a da naștere vieții și cere ca această viață să persiste în Punctul Omega. Cu Condiția la Limită a Punctului Omega, funcția de undă universală aduce astfel viața în existență și o susține în existență. Mai mult, funcția de undă universală nu e restrânsă la creaturi vii, ea este pretutindeni, peste tot. Ea are puterea autotranscendenței, așa cum o definește Pannenberg: „... autotranscendența este a fi considerat în același timp ca o activitate a organismului și ca un efect al unei puteri care ridică continuu organismul dincolo de limitele sale și îi garantează în felul acesta viața".[10] O descriere excelentă a relației dintre un organism în univers și funcția de undă universală cu Condiția la Limită a Punctului Omega. Pannenberg a scos de asemenea în evidență faptul că „În tradiția biblică ... puterea ce dă viață e văzută ca un agent care influențează organismul din exterior".[11]

În tradițiile biblice, această putere dătătoare de viață este Sfântul Duh. Astfel, eu sunt pe cale să propun să identificăm funcția de undă universală constrânsă de Condiția la Limită a Punctului Omega cu Sfântul Duh. Pretind că această identificare e rezonabilă pentru că, așa cum am discutat mai sus, o funcție de undă este câmpul fizic atotcuprinzător care creează și îndrumă toate câmpurile fizice direct observate și funcția de undă este făcută în mod explicit Personală de Condiția la Limită a Punctului Omega. Astfel, funcția de undă universală constrânsă de Condiția la Limită a Punctului Omega este un câmp invizibil omnipre-

zent, îndrumând şi creând tot ceea ce există şi în ultimă instanţă Personal – acestea sunt proprietăţile definitorii ale Sfântului Duh.

De asemenea, am putea identifica funcţia de undă universală constrânsă de Condiţia la Limită a Punctului Omega cu ceea ce Teilhard numea „energie radială". Căci, aşa cum arată Pannenberg, „în perspectiva lui Teilhard există doar un singur spirit permeabil şi care activează toate procesele materiale, îndemnându-le dincolo de ele însele, într-un proces de spiritualizare progresivă, de unificare convergentă, spre un centru al unităţii perfecte care, prevăzând sfârşitul procesului evoluţionist, se dovedeşte a fi originea lui cu adevărat dinamică".[12] Aceasta este exact ceea ce face funcţia de undă universală, cu Condiţia la Limită a Punctului Omega. Conform Condiţiei la Limită a Punctului Omega, structura traiectoriilor de fază (mai precis, viitorul lor ultim) dă greutate probabilităţii – îndrumare, cum am spune, nu control rigid – tuturor traiectoriilor. Viitorul ultim ghidează toate timpurile prezente în sine însuşi. Dar această îndrumare *nu* este determinism.

despre cum poate apărea liberul arbitru din mecanismul cosmologic cuantic

Distincția dintre determinism și nedeterminism

Despre liberul arbitru există două școli principale. Prima, reprezentată de compatibiliști, spune că putem vorbi despre liberul arbitru dacă ne simțim noi înșine liberi; adică, dacă suntem conștienți că nu există nicio altă constrângere exterioară asupra acțiunilor noastre. Cea de a doua, care sunt libertarienii, spune că acest liber arbitru există numai dacă acțiunile noastre sunt determinate de noi și numai de noi, adică suntem liberi numai dacă deciziile noastre reale nu sunt determinate de restul universului, trecut, prezent sau viitor, și în schimb noi înșine suntem sursa ultimă și ireductibilă a deciziilor noastre. De mii de ani a existat o dezbatere controversată între aceste două școli, fără însă nicio rezolvare. În ultimele câteva secole, adepții celor două școli au vorbit fără să se asculte unii pe ceilalți. Se pare că există un consens printre filosofi că nu a apărut niciun nou argument în acest timp care să depășească acest impas.

În acest capitol voi oferi un argument complet nou pentru conceptul de liber arbitru. Voi trage concluzia că *ambele şcoli* prezintă argumente corecte. În particular, voi arăta cum Condiția la Limită a Punctului Omega oferă un model pentru factorul determinist în sensul libertarian, un model care este fără îndoială compatibil cu argumentele fizicii. Chiar dacă modelul nu ar fi adevărat, acesta ar fi un considerabil pas înainte: modelul arată că ideea libertariană este consistentă cel puțin din punct de vedere logic, idee asupra căreia compatibiliştii au avut întotdeauna dubii. Dar vă voi dovedi faptul că modelul este probabil adevărat. Modelul necesită o înțelegere clară a diferenței dintre determinism şi nedeterminism.

După părerea mea, cea mai evidentă distincție dintre determinism şi nedeterminism a fost făcută de William James în lucrarea sa clasică „The Dilemma of Determinism":

> Ce exprimă determinismul? Acesta arată că acele părți ale universului deja stabilite în mod absolut stabilesc şi decretează ceea ce pot fi alte părți. Viitorul nu are niciun fel de posibilități ambigue ascunse în sânul său: acea parte pe care o numim prezent este compatibilă cu o singură totalitate. Orice alt complement viitor decât acel fixat de eternitate este imposibil. Întregul se regăseşte în fiecare şi în toate părțile şi se unifică cu restul într-o unitate absolută, un bloc de oțel în care nu poate fi niciun echivoc sau umbră a întoarcerii... Nedeterminismul, din contră, spune că părțile au un anumit rol mobil una asupra celeilalte, astfel încât ceea ce este stabilit pentru una dintre ele nu determină în mod necesar ceea ce celelalte trebuie să fie.[1]

Ideea de bază a lui James este că nedeterminismul este adevărat dacă nicio parte a realității nu conține infor-

mația totală despre întreg. Aceasta înseamnă că fiecare eveniment conține o anumită informație care nu este codificată nicăieri altundeva. Aceasta înseamnă că nu există niciun algoritm netrivial din care poate fi calculat întregul univers dintr-o informație totală relativă la un subset corespunzător al universului. Am utilizat aici cuvintele „algoritm" și „informație" în sensul lor cel mai larg: în exemplul deterministic al câmpului scalar din capitolul 5, „informația" reprezintă valoarea câmpului scalar pe frontieră, iar „algoritmul" reprezintă „rezolvarea ecuației Laplace". Enunțată astfel, se observă că ideea lui James este cu adevărat independentă de relațiile temporale. Aceasta are sens chiar și în acele universuri în care nu poate fi definit niciun timp global. De asemenea, aceasta mai înseamnă – așa cum a realizat și James – că, dacă Dumnezeu este descris ca o ființă în afara universului fizic, atunci o anumită informație din fiecare eveniment trebuie să nu poată fi codificată în Dumnezeu.

Evitarea conflictului dintre omniscienta divină și liberul arbitru uman

Se poate evita conflictul dintre omniscienta divină și liberul arbitru uman, luând în considerare punctul de vedere al lui Tillich, conform căruia Dumnezeu nu este o ființă, ci mai degrabă ființa însăși. În teologia tradițională aceasta ne-ar permite să spunem că Dumnezeu alege să codifice unele dintre informațiile Lui/Ei despre fiecare eveniment, numai în evenimentul însuși. Informația este încă în Dumnezeu, deoarece fiecare eveniment este un subset corespunzător al lui Dumnezeu. În Teoria Punctului Omega, unica informație relativă la fiecare eveniment este de asemenea la Punctul Omega în transcendența Lui/Ei,

deoarece Punctul Omega este completarea realității finite și, prin urmare, include întreaga realitate finită. Cu alte cuvinte, deoarece Punctul Omega din trancendența Lui/Ei este o singularitate, informația dată *unei* singularități este cu adevărat tocmai informația dată în realitatea finită, privită ca un întreg, și astfel nu determină valoarea dată altundeva. Sau, mai degrabă, aceasta o determină numai într-un sens trivial: orice s-ar întâmpla, întâmplă-se. Așa cum o afirmă și Pannenberg: „[Dumnezeu] există numai în măsura în care viitorul domină prezentul, deoarece viitorul decide ceea ce va rezulta din ceea ce există în prezent... Pe deasupra, puterea viitorului nu îi răpește omului libertatea sa de a transcende oricărei stări de lucruri. O ființă la îndemână, și echipată cu omnipotență, ar distruge o astfel de libertate în virtutea posibilei sale superputeri".[2] (Trebuie să fim atenți aici. Există o tendință printre nematematicieni de a presupune că determinismul înseamnă că trecutul determină prezentul, în timp ce reversul nu este adevărat: viitorul nu poate determina prezentul. De fapt, teoriile fizice cele mai deterministe[3] susțin că determinismul acționează în ambele direcții temporale. În astfel de teorii, viitorul influențează la fel de puternic prezentul, ca și trecutul.)

Teoria Cuantică a Punctului Omega nu este deterministă

Ceea ce voi demonstra acum este că Teoria Cuantică a Punctului Omega – relativitatea generalizată cuantică cu Condiția la Limită a Punctului Omega – nu este deterministă nici în sens temporal, nici în sensul mai general al lui James. Adică, voi arăta că structura matematică a Teoriei Cuantice a Punctului Omega este astfel încât nu există un algoritm care ar putea genera întregul realității dintr-un subset adecvat al

realității. În particular, nu există o ecuație pe care ar putea-o utiliza un calculator pentru a genera întreaga funcție de undă universală, din valorile funcției de undă ale unei părți a domeniului. Mai mult, această afirmație este adevărată numai local.

Acest nedeterminism este o proprietate a tuturor teoriilor cuantice cosmologice pentru care funcția de undă universală include în domeniul său sistemul tuturor varietăților compacte cu patru dimensiuni.[4] Acest nedeterminism este valabil atât în teoria cosmologică cuantică Hartle–Hawking, cât și în Teoria Cuantică a Punctului Omega. Totuși, acesta poate fi în cosmologia Hartle–Hawking doar un nedeterminism epistemologic, și nu unul ontologic. „Nedeterminismul epistemologic" înseamnă că nedeterminismul este în cunoștințele noastre, nu în universul obiectiv. „Nedeterminismul ontologic" înseamnă că nedeterminismul este ireductibil prin însăși natura sa. Acest fel de nedeterminism se regăsește în realitatea însăși și nu are nimic de a face cu cunoașterea noastră sau absența acesteia. Atunci când James spune „nedeterminism", el se referă la „nedeterminismul ontologic" („ontologia" reprezintă studiul ființei sau al existenței însăși). Eu disting în mod explicit între aceste două tipuri de nedeterminism, deoarece am observat că acestea se confundă adesea în literatura despre liberul arbitru. Scriitorii vor argumenta faptul că universul este nedeterminist din punct de vedere epistemologic și apoi concluzionează că universul trebuie să fie, în consecință, nedeterminist din punct de vedere ontologic. Fals. Cel mai bun contraexemplu este fenomenul haosului clasic discutat în capitolul 2. Haosul clasic înseamnă că universul clasic este nedeterminist din punct de vedere epistemologic, dar determinist din punct de vedere ontologic, deoarece ecuațiile de control finale sunt deterministe. Aceasta înseamnă că, deși noi nu am putea previziona ceea ce s-ar întâmpla pe termen lung, oricât de precise ar fi datele noastre inițiale,

totuşi fiecare acţiune a noastră ar putea fi determinată în mod riguros, iar noi am fi sudaţi ca într-un bloc de oţel, dacă am trăi într-un astfel de univers.

Argumentul pentru nedeterminism în aceste modele este Teorema de Neclasificare a Varietăţii 4-dimensionale[5]: nu există niciun algoritm care să listeze sau să clasifice toate varietăţile compacte 4-dimensionale, topologice sau diferenţiabile fără frontiere şi, mai mult, nu există niciun algoritm general care să poată demonstra că două varietăţi date sunt diferite sau identice. Astfel, din valoarea funcţiei de undă universale pe orice regiune dată a unei varietăţi 4-dimensionale nu este posibil să se genereze prin nicio procedură efectivă restul funcţiei de undă universale. Pentru că funcţia de undă ar avea valori diferite dacă topologiile ar fi diferite, dar noi nu putem spune dacă topologiile sunt diferite. O ecuaţie rezolvabilă şi valabilă peste tot *ar fi* capabilă să distingă diferite funcţii de undă, astfel încât tragem concluzia că nicio astfel de ecuaţie care să extindă funcţiile de undă nu există. Dată fiind funcţia de undă într-o vecinătate oarecare deschisă U a unei varietăţi 4-dimensionale, afirmaţia locală este că nu există un algoritm universal care să definească o extensie unică funcţiei de undă definită pe U pentru o regiune mai mare U'. Pentru a dovedi aceasta, să observăm că se poate întotdeauna modifica U' prin decuparea unui domeniu U'–U şi identificarea frontierei rezultate cu frontiera formată prin decuparea unui domeniu similar din orice altă varietate. Deoarece nu există un algoritm general pentru stabilirea identităţii varietăţilor, nu există niciun algoritm care să ne spună dacă aceasta s-a efectuat. O „ecuaţie rezolvabilă" reprezintă fie o ecuaţie diferenţială, o ecuaţie diferenţială care poate fi discretizată, fie orice ecuaţie care poate fi în principiu rezolvată printr-un număr finit de paşi. Se poate afirma că universul ar putea fi controlat de o ecuaţie „nerezolvabilă", dar eu nu cred că există vreo distincţie reală între niciun fel de ecuaţie şi una

care necesită un număr infinit de operații pentru rezolvarea sa. Nu se poate rezolva o astfel de ecuație nici în principiu: am putea spune la fel de bine că orice s-ar întâmpla, întâmplă-se.

Nu numai că este imposibil să rezolvăm o astfel de ecuație, dar în principiu este chiar imposibil de scris acolo unde ea există. O astfel de ecuație ipotetică ar fi o ecuație pentru funcția de undă universală care, cu Condiția la Limită a Punctului Omega, ar fi o funcțională a metricii 4-dimensionale. Metrica 4-dimensională la rândul său este o funcție de sisteme de coordonate în toate varietățile 4-dimensionale. Pentru a scrie o ecuație pentru funcționala de undă universală în maniera semnificației matematice, înseamnă că ar trebui mai întâi să definim toate sistemele de coordonate ale varietăților 4-dimensionale în care ar trebui să exprimăm metrica. Dar Teorema de Neclasificare implică faptul că nu este posibil să găsim astfel de sisteme de coordonate (să acopere, să zicem, fiecare varietate 4-dimensională cu un sistem al unor porțiuni ale sistemului de coordonate euclidian): dacă am putea clasifica – să scriem printr-o anumită procedură efectivă – toate aceste sisteme (sau sisteme ale acestor porțiuni), aceeași procedură ar putea clasifica varietățile, procedură pe care de fapt noi nu o putem face. Deoarece nu există nicio modalitate de a scrie sistemele de coordonate care să acopere domeniul funcției de undă universale, noi nu putem să scriem o ecuație pentru funcția de undă universală. Voi defini nonexistența unei ecuații prin a fi echivalentă cu incapacitatea de a o scrie prin orice procedură efectivă, într-un număr finit de simboluri, având un sens matematic. Cu această definiție, nonexistența unei ecuații pentru funcția de undă universală este stabilită. Toate ecuațiile utilizate în fizică până în prezent, chiar și acelea pe care nu știm să le rezolvăm, au fost exprimate printr-un număr finit de simboluri cu sens matematic.[6]

Deoarece Teorema de Neclasificare este un rezultat global, ar putea exista ecuații rezolvabile, valabile numai local, nu universal, care ar „determina" o regiune locală a realității. Totuși, „local" înseamnă aici mai mic decât lungimea Planck de 10^{-33} cm, astfel încât acest determinism este irelevant la chestiunile liberului arbitru uman.

Nedeterminismul în gravitația cuantică este extrem de diferit ca natură de nedeterminismul care apare în mecanica cuantică nerelativistă. În cel din urmă caz există o ecuație deterministă, ecuația Schrödinger (care este rezolvabilă dacă funcția de undă este restrictivă la o regiune compactă), pentru evoluția temporală a funcției de undă și astfel nedeterminismul cuanticii nerelativiste apare din maniera noastră limitată de a privi lumea. Dimpotrivă, nedeterminismul în gravitația cuantică este ontologic și logic de neclintit: aceasta rezultă în cele din urmă din Teorema de Incompletitudine a lui Gödel – Teorema de Neclasificare a Varietății 4-dimensionale este la bază o variantă a teoremei lui Gödel care a fost discutată în capitolul 2.

Așadar, trebuie să ținem seama că nivelul cel mai de bază al realității nu ar trebui să fie varietățile 3- sau 4-dimensionale. Actuala noastră teorie a gravitației cuantice spune că ea este, dar teoria noastră ar putea fi greșită. Dacă ea este greșită, atunci nivelul fundamental al realității ar putea fi descris de o matematică mult mai simplă decât matematica varietăților. Dacă matematica necesară de a descrie realitatea este suficient de simplă, atunci Teorema lui Gödel nu va putea fi aplicată, iar determinismul ar putea însemna o întoarcere.

Cât de simplă trebuie să fie matematica ce descrie realitatea pentru ca Teorema lui Gödel să fie inaplicabilă? Pentru a răspunde la această întrebare, să ne amintim că Teorema lui Gödel spune că întreaga teorie a aritmeticii – care este aritmetica cu cele patru operații uzuale de adunare (+), scădere (–), înmulțire (×) și împărțire (÷) – nu se poate

dovedi consistentă, iar dacă aceasta este presupusă consistentă, atunci întreaga teorie a aritmeticii este incompletă şi inprecisă. *Consistentă* înseamnă că axiomele Teoriei nu implică o contradicţie logică; *completă* înseamnă că orice afirmaţie adevărată din teorie este o teoremă (poate fi dedusă din axiome); iar *precisă* înseamnă că există un algoritm pentru a hotărî dacă orice afirmaţie dată din teorie este o teoremă sau o contradicţie (adică un algoritm pentru deducerea tuturor afirmaţiilor adevărate din axiome). În mod evident o teorie consistentă şi precisă este completă, dar o teorie consistentă şi completă nu este în mod necesar precisă.

Geometria euclidiană, geometria studiată în clasele de liceu, s-a demonstrat în 1949 de către logicianul polonez Alfred Tarski că este consistentă, completă şi precisă.[7] Gödel însuşi a arătat, în anii 1930, că cea mai mare parte a logicii de bază, Calculul Propoziţional, este de asemenea consistent, complet şi precis.[8] Dacă acest Calculul Propoziţional este dezvoltat prin „cuantificatori", atunci acesta devine Logic de Prim Ordin care, deşi complet, este imprecis.[9] Cuantificatorii sunt de două tipuri, „cuantificatorul existenţial" (notat prin $\exists$) care înseamnă „există" şi „cuantificatorul universal" (notat prin $\forall$) care înseamnă „pentru orice". Astfel, dacă fizica are nevoie de o logică în care apar afirmaţii de tipul „pentru orice x, $x = Z + R$", atunci fizica va trebui să existe în domeniul impreciziei.

Dar se pare că fizica nu are nevoie de cuantificatori de o astfel de putere. Cuantificatorul „pentru orice" este nemărginit. Dacă ansamblul de afirmaţii căruia dorim să-i aplicăm logica este mărginit, atunci această logică restrictivă este echivalentă Calculului Propoziţional.

Fizica ar putea să nu aibă nevoie de teoria completă a aritmeticii. În şcoala elementară, înmulţirea este predată ca o stenogramă a adunării: 5×4 înseamnă „adună 5 cu el însuşi de 4 ori". Cu toţii ştim că $5 \times 4 = 5 + 5 + 5 + 5 = 20$.

Aşadar, în teoria completă a aritmeticii, combinarea înmulţirii cu adunarea (şi cuantificatorii) permite afirmaţii care *nu* sunt echivalente unei stenograme, pentru afirmaţii care utilizează numai adunarea. Această teorie completă a aritmeticii este incompletă şi imprecisă – dacă ea este doar consistentă; să ne amintim că nu putem dovedi aceasta.

Pe de altă parte, orice calcul pe care l-aţi făcut vreodată utilizând înmulţirea şi adunarea (şi împărţirea şi scăderea) şi orice calcul pe care l-a efectuat vreodată un calculator şi orice calcul pe care îl va efectua orice altă maşină – toate aceste calcule sunt complet echivalente calculelor efectuate numai cu ajutorul adunării şi scăderii.[10] Iar această parte restrictivă a matematicii – uneori denumită aritmetică Presburger – este consistentă, completă şi precisă.[11] Chiar dacă aritmetica Presburger este precisă, algoritmii acesteia sunt cu exponenţi foarte mari;[12] adică, o problemă care poate fi definită prin N simboluri va necesita în general 10^{10^N} operaţii de calcul pentru a fi rezolvată. Se pare că întreaga teorie a aritmeticii a fost inventată pentru a face calculele mai uşoare şi nu pentru că realitatea a cerut-o.

Aritmetica numai cu operaţiile de înmulţire şi împărţire este de asemenea consistentă, completă şi precisă. Statutul logic al diferitelor teorii pe care le-am discutat este sintetizat în următorul tabel.

TEORIA	CONSISTENTĂ?	COMPLETĂ?	PRECISĂ?
Calculul propoziţional	Da	Da	Da
Geometria euclidiană	Da	Da	Da
Logica de ordinul întâi	Da	Da	Nu
Aritmetica numai cu + şi –	Da	Da	Da
Aritmetica numai cu × şi ÷	Da	Da	Da
Aritmetica, întreaga teorie	?	Nu	Nu

Am afirmat în capitolul 2 – şi voi discuta aceasta mai în detaliu în capitolul 9 – că mecanica cuantică ne demonstrează faptul că suntem „maşini cu stări finite". Mai mult, mecanica cuantică demonstrează că în natură există o discretizare fundamentală. Dacă această discretizare merge prea departe şi elimină structura de varietate a realităţii de bază, înlocuind-o cu ceva care poate fi complet descrisă de aritmetica Presburger, atunci fizica ar putea fi complet deterministă. Matematica sa ar fi cu certitudine precisă.

Este de asemenea posibil ca Punctul Omega, a cărui infinitate este mai degrabă *reală* decât potenţială, la fel ca infinitatea maşinii Turing universale, ar putea să nu se supună Teoremei Opririi care limitează maşinile Turing şi deci ar putea să nu se supună Teoremei Gödel, chiar dacă fizica se dovedeşte a utiliza întreaga teorie a aritmeticii. Această posibilitate este destul de tehnică şi este tratată pentru cercetători în Anexă.

Cum ar putea fi utilizat nedeterminismul cosmologiei cuantice în gândirea umană

Astfel, dacă teoriile noastre actuale ale gravitaţiei cuantice sunt corecte, există un nedeterminism intrinsec, în sensul nedeterminismului lui James, în fiecare regiune din spaţiul-timp. Voi arăta acum că este destul de probabil ca de acest nedeterminism intrinsec să se facă uz în procesul uman de luare a deciziilor.

Primul pas în argumentul meu este acela de a demonstra că orice algoritm de luare a deciziei – program pe calculator – cu o suficientă putere de a utiliza problemele lumii reale trebuie să aibă în mod necesar un element „aleatoriu". Am pus acest „aleatoriu" în ghilimele, deoarece voi utiliza acest cuvânt într-un sens al unei valori neutre a

„nedeterminării"; într-un limbaj simplu, „aleatoriu" poartă conotația de „nesemnificativ" şi, aşa cum vom vedea, nedeterminarea în procesul de luare a deciziei, departe de a fi nesemnificativ, ar putea fi privit ca sursă principală de „semnificație". Turing însuşi în lucrarea sa clasică asupra testului Turing pentru persoane[13] – am discutat acest test în detaliu în capitolul 2 – a susținut acest element aleatoriu pentru motivul că, deşi pot exista algoritmi determinişti pentru rezolvarea unei probleme, adesea aceştia necesită o enormă capacitate de calcul pe care o „estimare sistematică" – făcând alegeri între posibilități egal ponderate aleatoriu – este aproape întotdeauna mult mai eficientă. În prezent, o astfel de procedură este denumită „programare euristică". O astfel de alegere aleatoare este de asemenea utilă în evitarea acelui tip de dilemă simbolizată prin exemplul „măgarul lui Buridan". Măgarul lui Buridan era un măgar care stătea la jumătatea drumului dintre două căpițe de fân. Ambele căpițe de fân erau identice. Măgarul era foarte înfometat şi nu vedea nicio rațiune de ce să mănânce dintr-o căpiță şi nu din cealaltă. Şi, astfel, el a rămas flămând; sărmana creatură a murit de foame. În mod evident, o alegere aleatoare ar fi fost mai bună, decât deloc.

În viața reală, luarea deciziei, o alegere ocazional aleatoare dintre alternative, este mai mult decât doar eficientă; acest lucru este în mod absolut esențial. Pentru a vedea aceasta, să observăm că în realitate suntem de obicei puşi să facem alegeri în condiția unei incertitudini. Nu avem aproape niciodată informația totală privind avantajele şi dezavantajele fiecărei alternative. Un motiv pentru o astfel de incertitudine este dat de costul informației: pentru a aduna informația despre diferitele alternative, trebuie să fie cheltuite efort şi resurse fizice, iar obținerea informației totale despre o alternativă, chiar dacă ea este disponibilă, ar necesita un timp mai lung decât o viață şi mai mult decât toate resursele fizice ale Pământului. Astfel, mult înainte de a avea

informația totală, ar trebui să fie îndeplinită faza de adunare a informației și luarea deciziei. Abraham Wald a arătat[14] că luarea deciziei în condiții de incertitudine poate fi privită ca un joc dual pe care un individ îl joacă împotriva restului realității. Mai mult, Wald demonstrează[15] că întregul proces al cercetării științifice poate fi privit în mod similar ca un joc dual făcut împotriva naturii. John von Neumann și Oskar Morgenstern au arătat[16] că, în general, jocurile duale sunt rezolvate de strategii „mixte"; adică, strategii în care mișcarea jucătorului *este aleasă* la întâmplare, dintr-o listă. Von Neumann și Morgenstern ilustrează aceasta referindu-se la jocul aruncării unei monede: un jucător face cel mai bine dacă el/ea alege capul sau pajura, în mod aleator. Dacă am vrea să alegem capul sau pajura în acord cu un anumit tabel predeterminat (nealeator), opusul ar putea în cele din urmă completa tabelul din ultimul joc, și astfel să învingă jucătorul nealeator. Wald arată că jocul inducției științifice și jocul deciziei imprecise se joacă cel mai bine cu o strategie mixtă. De aici rezultă că orice ființă vie care a avut succes în jocul vieții – un membru al oricărei specii vii este o astfel de ființă – are probabil un anumit fel de generator aleator în aparatul său de luare a deciziei.

Desigur, generatorul aleator ar putea să fie doar un generator pseudoaleator de numere. În programele euristice, un subprogram al generatorului pseudoaleator de numere este de fapt ceea ce se și utilizează. (În teoria calculatoarelor, „pseudoaleator" înseamnă că numerele sunt generate de un algoritm determinist atât de complex încât numerele nu pot fi distinse de numerele generate de un proces aleator „adevărat".) Totuși, astfel de programe de generare de numere aleatoare trebuie să fie complicate dacă modelul determinist (care trebuie să existe aici, deoarece generatorul de numere este doar pseudoaleator) nu trebuie să fie ghicit de adversar. Aș face așadar presupunerea că generatorul aleator al creierului uman nu este program de tip *soft,* ci o

entitate de tip *hard*: un astfel de lucru ar fi mult mai uşor de a fi generat de selecţia naturală care acţionează asupra mutaţiilor aleatoare.

Voi arată acum că sistemul nervos uman este capabil, cel puţin în principiu, să utilizeze fluctuaţiile cuantice drept sursă de aleator într-un astfel de generator aleator de tip *hard*. Desigur, aceasta nu înseamnă că el utilizează de fapt fluctuaţiile cuantice exact aşa cum sunt ele acolo. (Voi demonstra mai târziu că, chiar dacă această capacitate nu este utilizată, oamenii au fără îndoială liberul arbitru la nivelul ontologic dacă este valabilă Condiţia la Limită a Punctului Omega.) Penrose a evidenţiat[17] faptul că retina broaştei râioase este atât de sensibilă încât un singur foton de lumină poate fi suficient pentru a declanşa un impuls nervos. La oameni există mecanisme de atenuare a semnalului slab, astfel încât sunt necesari minim 7 fotoni pentru ca un subiect uman adaptat la întuneric să îşi dea seama de impactul acestora. Fără îndoială sistemele nervoase ale broaştelor râioase şi ale oamenilor sunt suficient de asemănătoare din perspectiva evoluţiei lor, astfel încât nu există niciun motiv să ne îndoim de faptul că şi în sistemul nervos al omului există o sensibilitate la un singur foton. Acum, generatorul aleator poate fi readus la o secvenţă de alegeri binare aleatoare, unde o alegere aleatoare binară este reprezentată de „acţionează dacă evenimentul aleator se întâmplă şi nu acţionează dacă acesta nu se întâmplă". O porţiune a ochiului uman ar putea fi asemănată, de pildă, cu un astfel de generator aleator binar. Opacitatea materiei deasupra unui grup de celule ale retinei ar putea fi ajustată astfel încât probabilitatea să fie 1/2 ca un singur foton să lovească retina într-un ciclu temporal al celulei nervoase (aproximativ 10^{-2} s) şi 1/2 ca niciun foton să nu lovească, în condiţiile unei iluminări normale. Dacă un foton este detectat, alegerea trebuie să acţioneze; dacă nu este detectat

niciun foton, atunci alegerea nu va acționa. Dacă funcția de undă a fotonilor incidenți este astfel încât aproximația clasică (ecuațiile Maxwell) este valabilă, atunci sosirea sau nu a unui foton, așa cum a fost descrisă mai sus, este asemeni incertitudinii din mecanica cuantică a atenuării unui atom particular într-o masă de atomi radioactivi. Eu nu cred că generatorul aleator este de fapt în ochi, deoarece oamenii orbi posedă puterea lor de decizie și, de asemenea, deoarece condițiile de iluminare sunt prea variabile; generatorul aleator ar trebui să lucreze asupra anumitor caracteristici ale mediului (externe sau interne sistemului nervos) care este în mod esențial constant (sau generatorul aleator ar trebui să includă un program care să netezească această variabilitate). Dar modelul de mai sus ilustrează modul cum ar trebui să lucreze un generator aleator.

Laureatul premiului Nobel, neuropsihologul Sir John Eccles, a propus un model[18] mult mai bun. El a arătat că în „exocitoza sinaptică" deplasarea unei particule de masă 10^{-18} g poate iniția o activare a neuronului și a argumentat că o astfel de deplasare s-ar datora fluctuațiilor cuantice. El oferă o sugestie explicită cu privire la localizarea acestor fluctuații în cadrul neuronului: în clusterii dendritelor apicale ale celulelor piramidale din straturile V și III–II, descrise pentru prima dată de neurofiziologii Fleischauer și Peters.

Deși s-a arătat că sistemul nervos uman poate utiliza incertitudinile mecanicii cuantice nerelativiste pentru a genera aleatoriul, aceasta nu înseamnă că el poate accesa regimul gravitației cuantice. Așa cum am subliniat mai sus, liberul arbitru autentic va necesita incertitudinile gravitației cuantice, deoarece există o ecuație deterministă care controlează „incertitudinea" nerelativistă. Există două modalități prin care sistemul nervos uman poate fi capabil să acceseze regimul gravitației cuantice în procesul aleator. Primul este un mecanism sugerat de Penrose[19], care în principiu subliniază faptul că, dacă o porțiune substanțială a creierului ar

trebui să acționeze ca și cum aceasta ar fi într-o stare cuantică coerentă, ea ar putea fi capabilă să amplifice un semnal de la scara Planck până la nivelul macroscopic. Puterea de amplificare cunoscută a sistemului nervos – amplificarea energiei unui singur foton până la energiile de puls nervos reprezintă o amplificare de 10^{20} – este insuficientă printr-un factor de 10^8, astfel încât propunerea lui Penrose rămâne în cele din urmă pur speculativă. A doua posibilitate este aceea că generatorul aleator poate utiliza fluctuațiile vidului din interiorul creierului. Un sistem care este capabil să detecteze fotoni singulari este cu siguranță unul suficient de sensibil. Una dintre cele mai importante probleme nerezolvate din fizica particulelor elementare este aceea de a înregistra intensitatea densității de energie a vidului. Dacă se neglijează fluctuațiile din topologie, valoarea calculată este mai mare cu un factor de ordinul 10^{54}. Cea mai populară metodă de rezolvare a acestei probleme este aceea de a include fluctuațiile topologice: unele calcule indică faptul că acestea pot anula factorul de 10^{54}. Dar dacă acesta este un mecanism de anihilare, atunci fluctuațiile reziduale în densitatea de energie a vidului ar reflecta în mod necesar incertitudinile gravitației cuantice și, astfel, un generator aleator bazat pe aceste fluctuații ar fi ontologic nedeterminist. O tranziție de stare a creierului uman în acest caz ar fi total impredictibilă. În această situație am avea liberul arbitru ontologic.

De ce acest nou tip de nedeterminism nu înseamnă „doar șansă"

Mulți oameni se opun asocierii „liberului arbitru" cu aleatoriul sau cu șansa. William James a analizat originea acestei opoziții, și eu cred că a dat un răspuns bun:

> Tăria sentimentului determinist reprezintă antipatia față de ideea de șansă... Înțepătura cuvântului „șansă" pare să fie în acord cu presupunerea că ea înseamnă ceva pozitiv și, dacă orice se întâmplă datorită șansei, aceasta trebuie să fie ceva care ține de iraționalul intrinsec și de iraționalul absurd. Acum, șansa înseamnă nimic de felul... Tot ceea ce înseamnă caracter de șansă [a unui eveniment] este că există ceva în realitatea sa proprie, ceva care nu este o proprietate necondiționată a întregului. Dacă întregul dorește această proprietate, întregul trebuie să aștepte până când o va avea, dacă aceasta este o chestiune de șansă... Șansa înseamnă doar faptul negativ că nicio parte a întregului, oricât de mare ar fi aceasta, nu poate pretinde să controleze în mod absolut destinația întregului... Voința nedeterministă viitoare *înseamnă* șansă.[20]

Șansa, cu siguranță, nu înseamnă iraționalitate. Din contră, așa cum am subliniat mai sus, teoria modernă a jocurilor a arătat că în circumstanțe care apar în mod necesar în cursul luării deciziilor normale, utilizarea șansei în alegerea unui curs al acțiunii este *cerută* de raționalitate. În Sintezele Moderne – termenul tehnic pentru teoria modernă evoluționistă (o sinteză a selecției naturale darwiniste cu genetica mendeliană) – întreaga originalitate în evoluția vieții, toate speciile noi, sunt datorate mecanismelor de șansă ale mutației și ale recombinării. Selecția naturală acționează numai asupra a ceea ce șansa se întâmplă să facă. Cartea lui Jacques Monod[21], specialist în biologie moleculară, *Chance and Necessity,* este în mod esențial o expunere a acestui fapt pentru persoanele laice; într-adevăr, cartea descrie această teză. Dar orice text asupra evoluției moderne va spune același lucru; singurul dezacord printre biologii evoluționiști contemporani se referă la importanța relativă a șansei și a necesității („necesitatea" fiind selecția naturală). Cine respinge

rolul şansei în evoluţie respinge Sintezele Moderne. Există un consens crescător[22] printre cercetătorii cognitivi, că întreaga originalitate umană este datorată unui amestec aleator de idei în mintea creatorului uman, cu eliminarea subconştientă (selecţie naturală) a ideilor proaste.

Eu cred că unele dintre obiecţiile aduse şansei sunt datorate unei confuzii la nivelul descrierii. Ar trebui ţinut seama de faptul că generatorul aleator lucrează la un nivel mult inferior conştiinţei vii. Nu există niciun factor conştient la acest nivel şi, astfel, niciun factor la acest nivel nu acţionează. Aleatoriul este un aspect al materiei nevii. O anumită şansă trebuie să existe la nivelul fizic, dacă nivelul conştiinţei trebuie să fie în mod ontologic nedeterminat. La nivelul conştiinţei suntem complet inconştienţi de operaţia generatorului aleator, la fel cum suntem inconştienţi de activarea neuronilor. Noi credem că *noi* am luat o decizie nedeterminată, ori de câte ori operează generatorul aleator, pentru că într-adevăr aşa se întâmplă.

Decizia este luată de acest factor şi nu de generatorul aleator. Aşa cum a fost evidenţiat de Hofstadter şi Dennett[23], la fiinţa umană, diferitele niveluri de implementare interacţionează unul cu celălalt. Nivelul de conştientizare elaborează întotdeauna comenzi pentru nivelurile inferioare: generatorului aleator, de exemplu, i se cere în mod constant să modifice ponderile probabilităţii din matricea de decizie. Să considerăm o decizie importantă, şi anume una în care factorul este preponderent un anumit timp. Să începem cu analiza din momentul în care factorul face ca, cu sau fără generatorul aleator, decizia să nu acţioneze imediat, ci să considere consecinţele acţiunii mai detaliat. Nivelul de conştientizare trimite în jos comenzi spre nivelurile inferioare, pentru a oferi conştiinţei orice informaţie stocată în memorie, care poate fi relevantă pentru decizie. Multe niveluri acţionează într-o manieră determi-

nistă, controlată de programe deja codificate în memorie, care integrează o astfel de informație. Dar generatorul aleator este de asemenea activ, conectând – la întâmplare – diferiți trasori din memorie, care anterior au fost subiecte necorelate, și transmite aceste conexiuni la nivelurile superioare, care acționează într-o manieră deterministă. Aproape toate aceste conexiuni sunt un nonsens, complet nefolositoare și sunt respinse fără a fi transmise în sus, spre nivelul de conștientizare. Dar foarte puține sunt luate în considerare de către programele deterministe pentru a fi promise și trimise în sus, spre nivelul de conștientizare, pentru o evaluare ulterioară. În timp ce acest proces evoluează, este luată o decizie deterministă, astfel încât din exterior ar fi utilă o cantitate mai mare de informație. Din nou, comanda este transmisă în jos, sugerând unde să se caute mai multă informație. Din nou, cele mai multe sugestii sunt efectuate de algoritmi determiniști – informația ar trebui căutată în locurile în care s-a obținut anterior informația referitoare la acest subiect – dar, din nou, generatorul aleator efectuează anumite sugestii nepotrivite. Ponderile probabiliste sunt atașate acestor sugestii ridicole de către algoritmii determiniști și trimise înapoi la generatorul aleator care selectează unele dintre acestea, în conformitate cu ponderile probabiliste. În totalitate, toate propunerile rezultate, incluzându-le pe acelea puține selectate de generatorul aleator, sunt trimise în sus, la nivelul de conștientizare care acționează asupra tuturor. Informația acumulată este prelucrată în continuare de algoritmii determiniști, concluziile sunt trimise în sus spre nivelul de conștientizare, care în mod determinist și cu ajutorul acestor algoritmi selectează ponderile probabiliste finale pentru a produce diferite acțiuni posibile. Dacă ponderile probabiliste sunt diferite de zero pentru mai mult decât o singură posibilitate, atunci aceste ponderi sunt trimise în jos, spre generatorul aleator, care alege una (la

întâmplare) în conformitate cu ponderile probabiliste selectate în final de către nivelurile superioare. Această alegere este trimisă spre nivelul de conştientizare şi prelucrată. Ceea ce intenţionează să evidenţieze acest model este faptul că o decizie reprezintă un amestec de şansă şi necesitate, un rezultat al feed-back-ului dintre nivelul de conştientizare şi nivelurile inferioare. Generatorul aleator şi nivelurile deterministe interacţionează de mai multe ori într-o secundă, modificându-se reciproc, în fiecare interacţie. Decizia finală este rezultatul integrării acestor interacţiuni; *eu* sunt acela care ia decizia. Decizia mea este de fapt generată în timp de acţiunea continuă a diferitelor niveluri, incluzând generatorul aleator. Personalitatea umană este o unitate a acestor niveluri.

Libet ş.a. au demonstrat[24] că creierul unei „persoane" face ca decizia să acţioneze înainte ca „persoana" să fie conştientă că acesta a hotărât să acţioneze. Acest lucru înseamnă că creierul ia decizia şi apoi informează persoana asupra deciziei care (din greşeală) crede că el sau ea a „luat" de fapt decizia. În experimentul care demonstrează aceasta, un subiect experimentator urmăreşte pe ecranul TV un spot rotitor cu viteza de 2,5 cicli/s. Subiectului i se cere să decidă asupra propriului său liber arbitru, prin a indica cu degetul şi a observa poziţia spotului, când decizia a fost luată. Un electrod ataşat la capul experimentatorului arată că, în medie, o schimbare potenţială la nivelul creierului apare cu 0,35 s *înainte* ca persoana să spună că el sau ea „a intenţionat să acţioneze".

Faptul că creierul uman este o unitate cu mai multe niveluri – „societatea minţii" este formularea utilizată de cercetătorul în calculatoare Marvin Minsky, pentru a descrie această integrare – sugerează alt motiv pentru care este necesar să existe un generator aleator cu rol de subnivel în orice minte, umană sau de altă natură. Teorema Imposibi-

lității a lui Arrow[25] arată de fapt că nu există un algoritm determinist rezonabil care să poată integra numeroasele decizii luate la nivelul subnivelurilor într-o decizie luată de o anumită persoană, care sunt *eu*. (Teorema lui Arrow stabileşte imposibilitatea generării unei funcții sociale de alegere din funcțiile individuale de alegere ale ființelor care alcătuiesc societatea. Aceasta a fost aplicată în mod original numai în cadrul societăților alcătuite din indivizi umani, dar ea este aplicabilă tuturor societăților, incluzând societatea care există în mintea umană.) La o defecțiune a generatorului aleator, un blocaj ocazional al luării deciziei poate fi calea de depăşire a Teoremei lui Arrow.

În conformitate cu compatibiliştii, liberul arbitru este o proprietate care există – sau nu există – la nivelul luării deciziei conştiente. Să acceptăm acest lucru. În conformitate cu libertarienii, liberul arbitru poate exista numai dacă există „şansa", în sensul lui James, în luarea deciziei conştiente: decizia reală nu este determinată ontologic de restul universului trecut, prezent sau viitor. Să acceptăm de asemenea şi acest lucru. Acceptând ambele condiții, rezultă că liberul arbitru trebuie să satisfacă două condiții:

(1) factorul conştient trebuie să *simtă* el însuşi/ea însăşi că ia decizia în mod liber. Factorul conştient trebuie să fie inconştient de orice constrângere externă sau internă, în luarea deciziei. Algoritmul adecvat pentru a decide dacă decizia factorului a fost liberă în acest sens este de a întreba direct factorul: „decizia a fost luată de propriul tău liber arbitru?"

(2) decizia conştientă a factorului trebuie să fie nedeterminată la nivelul fizic de bază. Algoritmul de evaluare al acestui lucru este următorul: s-a implicat generatorul aleator în timpul procesului de luare a deciziei şi a accesat

generatorul aleator nivelul cuantic gravitațional nedeterminist din punct de vedere ontologic?

Dacă ambele condiții sunt satisfăcute, dacă factorul se simte el însuşi/ea însăşi că a acționat în mod liber, dacă factorul simte că el/ea a fost cel/cea care a luat decizia *şi* dacă decizia a fost de fapt nedeterministă la nivelul fizic de bază, atunci putem spune că într-adevăr factorul acesta este un liber arbitru.

Condiția la Limită a Punctului Omega: factorul determinist este o finalitate ontologică

Aş putea adăuga observația că această Condiție la Limită a Punctului Omega implică faptul ca „factorul determinist" să fie o finalitate ontologică: deciziile luate de factorii umani nu sunt doar ireductibili, din punct de vedere epistemologic, la fizica câmpurilor cuantice, ci sunt de asemenea ireductibili din punct de vedere ontologic. Pentru această Condiție la Limită a Punctului Omega, funcția de undă este generată de condiția de self-consistență ca legile fizicii şi deciziile factorilor vii care acționează în univers să forțeze universul pentru a evolua înspre Punctul Omega. Deciziile libere ale factorilor reprezintă un element ireductibil în generarea universului fizic şi a legilor acestuia, nu doar reversul. Aceasta înseamnă că, *chiar dacă generatorul aleator din sistemul nervos uman este în mod evident doar pseudoaleator, vom avea totuşi liberul arbitru ontologic, dacă această Condiție la Limită a Punctului Omega se aplică universului real.* Cu această condiție la limită, legile finale ale fizicii sunt generate de factori şi nu invers. Astfel,

cu Condiția la Limită a Punctului Omega, legile fizicii prezintă în mod necesar o mică „neclaritate" asupra lor; ele nu pot determina toate deciziile tuturor factorilor.

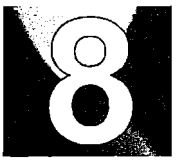
Deciziile libere ale *tuturor* factorilor trecuți, prezenți și viitori generează în mod colectiv totalitatea existenței: aceasta este o altă manieră de exprimare a conținutului Condiției la Limită a Punctului Omega. Am putea, de asemenea, să spunem că Punctul Omega „creează universul fizic" și că această creație este deci posibilă într-un sens cu totul special, și anume că ea există numai prin intermediul deciziilor libere ale Lui/Ei. Această formulare reamintește de distincția clasică a lui Kant dintre deism și theism: un deist susține că Dumnezeu este o *cauză a lumii,* în timp ce theistul crede că Dumnezeu este *Autorul lumii* [sublinierea lui Kant][26]. După această distincție, Teoria Punctului Omega este theistă, nu deistă sau pantheistă. (Voi face o altă discuție asupra deismului – utilizând o altă definiție – în capitolul 12).

Condiția la Limită a Punctului Omega și, prin urmare, teoria liberului arbitru dezvoltată în acest capitol se bazează în mod esențial pe ontologia Lumilor-Multiple. Pe de altă parte, pretind că orice teorie a liberului arbitru, care are un factor determinist drept finalitate ontologică, se bazează în mod necesar pe o ontologie a Lumilor-Multiple. Factorul determinist pretinde că este cu adevărat real faptul că un factor „ar fi putut acționa altfel". Totuși, singura cale de a fi siguri că factorul „ar fi putut acționa altfel" este ca, în realitate, factorul să fi acționat altfel. Adică, este necesar ca factorul să realizeze de fapt două sau mai multe acțiuni contradictorii simultan. Desigur, simultan acest lucru este posibil numai într-un univers al Lumilor-Multiple.

Acest fapt este cel mai bine ilustrat de fenomenul hipnozei. Când o persoană este hipnotizată și i se spune (de exemplu) „Nu poți să-ți deschizi ochii", persoana hipnotizată își spune întotdeauna ei însăși „Desigur, pot să îmi deschid

ochii. Dar nu vreau, pentru că astfel aş întrerupe vraja" (sau altă scuză). Aceasta înseamnă că o persoană supusă hipnozei este întotdeauna convinsă că ea ar fi putut face altfel, dar de fapt nu a făcut-o niciodată şi găseşte întotdeauna o scuză pentru că nu a făcut niciodată astfel. Aşa cum Richard Feynman a rezumat propria sa experienţă sub influenţa hipnozei: „tot timpul îţi spui ţie însuţi «eu aş putea să fac asta, dar nu o fac» – ceea ce este doar o altă modalitate de a spune că tu nu poţi să o faci".[27] Ceea ce afirmă Condiţia la Limită a Punctului Omega este că uneori tu poţi să faci oricare dintre cele două acţiuni contradictorii, deoarece tu eşti cel care le faci – dar în lumi diferite. Dar atunci când apare această „acţiune dublă", aceasta nu este codificată nicăieri în întregul univers. Ea este nedeterminată şi cu adevărat contingentă.

Dar există, fără îndoială, un alt sens în care Punctul Omega şi totalitatea a tot ceea ce există fizic poate fi spus că există în mod necesar. Acum ne vom îndrepta asupra acestui sens.



punctul omega şi universul fizic există în mod necesar

Argumentul ontologic în ştiinţa calculatoarelor

Să presupunem că s-a arătat din punct de vedere fizic că Punctul Omega există în mod real. Atunci ar fi rezonabil să presupunem existenţa unui Dumnezeu separat şi independent de Punctul Omega? Numai dacă am putea arăta că Punctul Omega „există în mod necesar" în sensul tare al necesităţii logice, adică a nega existenţa sa, ar fi o contradicţie logică. De atunci, Kant a susţinut[1] că „existenţa nu este un predicat", iar Frege[2] a dezvoltat argumentul lui Kant afirmând că „existenţa nu este un predicat de prim ordin", filosofii simţind în general că argumentul ontologic-cosmologic este invalid. Dacă ar fi adevărat, aceasta ar însemna că nicio dovadă privind existenţa oricărui fel al lui Dumnezeu n-ar putea să fie valabilă, deoarece în opinia lui Kant: „dovada fizico-teologică... rămâne după dovada cosmologică, iar dovada cosmologică după cea ontologică".[3] Mai mult, logicienii au crezut că în general este imposibil să se dovedească existenţa oricărui lucru numai prin logică. Eu

pretind că atât filosofii, cât şi logicienii nu au dreptate: eu cred că se poate dovedi că universul există în mod necesar. Dovada se va baza pe o analiză a ceea ce înseamnă cuvântul „existenţă". Argumentul *nu* va fi o simplă reactualizare a argumentului ontologic vechi de 1000 de ani. Dovada se va baza în schimb pe unele implicaţii metafizice destul de evidente ale ştiinţei moderne a calculatoarelor şi a cosmologiei moderne. Că astfel de teorii ştiinţifice au astfel de implicaţii nu trebuie să fie surprinzător; toate teoriile ştiinţifice fundamentale fac în mod tacit aserţiuni fizice despre natura fundamentală a realităţii. Aşa cum este uzual în toate ştiinţele, adevărul metafizicii este probat prin testele experimentale ale fizicii. Dacă o teorie deterministă precum mecanica cerească newtoniană produce predicţii corecte, atunci aceasta va tinde să confirme nu numai mecanica newtoniană, dar şi teoria metafizică în virtutea căreia universul este determinist. Ca să fiu mai clar, argumentul ontologic pe care îl voi oferi mai jos reprezintă o implicaţie evidentă a ideii care este *absolut centrală* pentru ştiinţa modernă a calculatoarelor.

Simulări şi emulaţii

Să începem aşadar cu metafizica calculatorului. O mare parte a ştiinţei calculatoarelor este dedicată efectuării *simulărilor* fenomenelor din lumea fizică, într-o simulare, un model matematic al obiectului fizic de studiat fiind codificat într-un program. Modelul include atâtea atribute ale obiectului fizic real câte sunt posibile (limitate, desigur, de cunoaşterea acestor atribute şi, de asemenea, de capacitatea calculatorului). Execuţia programului face ca modelul să evolueze în timp. Dacă modelul iniţial este precis şi dacă suficiente trăsături cheie ale obiectului real sunt captate de către model, atunci evoluţia temporală a modelului va mima

cu o precizie bună dezvoltarea temporală a obiectului real şi astfel se pot predicta cele mai importante aspecte cheie pe care obiectul real le va avea în viitor.

Să presupunem că încercăm să simulăm un oraş plin de oameni. Astfel de simulări au fost încercate acum, dar la un nivel ridicol de imprecis. Să presupunem că vom imagina din ce în ce mai multe atribute ale oraşului care sunt incluse în simulare. În particular, din ce în ce mai multe proprietăţi ale fiecărei persoane individuale sunt incluse în model. În principiu, putem imagina că o simulare poate fi atât de bună încât fiecare *atom* particular din structura persoanei şi a oricărui obiect din oraş, precum şi proprietăţile fiecărui atom au un analog în cadrul simulării. Să ne imaginăm, la limită, o simulare care este absolut perfectă. Fiecare proprietate a oraşului real şi fiecare proprietate reală a fiecărei persoane reale din oraşul real este reprezentată în mod precis în simulare. Mai mult, să ne imaginăm că, atunci când programul este rulat pe un calculator gigantic, evoluţia temporală a persoanelor simulate şi a oraşului mimează în mod precis, în tot acest timp, evoluţia temporală reală a oamenilor reali şi a oraşului real. O simulare exactă în mod absolut a unui ceva anume se numeşte *emulaţie*. Până acum singurele entităţi care au fost emulate pe calculatoare sunt alte calculatoare, dar voi arăta într-un capitol ulterior că emulaţiile adevărate ale obiectelor fizice reale sunt în principiu posibile. Noi nu am făcut astfel de emulaţii deoarece capacitatea necesară calculatorului pentru a face astfel de emulaţii este mai mare decât întreaga capacitate instalată a calculatoarelor din lume.

Întrebarea cheie este aceasta: există oameni emulaţi? În măsura în care oamenii simulaţi o pot spune, ei există. Prin ipoteză, orice acţiune pe care oamenii reali o pot face şi o îndeplinesc pentru a determina dacă ei există – reflectând asupra faptului că ei gândesc, interacţionând cu mediul înconjurător – şi oamenii emulaţi pot de asemenea să o facă, şi de fapt o fac cu adevărat. Nu există pur şi simplu nicio

cale pentru oamenii emulați să spună că ei sunt „reali" în interiorul calculatorului, deoarece aceştia sunt doar simulați şi nu reali. Ei nu pot accede la substanța reală, calculatorul fizic, de acolo de unde ei sunt, în interiorul programului. Se poate imagina simularea fundamentală, o simulare perfectă – o emulație – a întregului univers fizic, care să conțină în particular toți oamenii pe care universul real îi conține, şi care să mimeze în mod perfect evoluția temporală reală a universului real. Din nou, nu există nicio modalitate pentru oamenii din cadrul acestui univers simulat de a spune că ei sunt doar simulați, că ei sunt doar o secvență de numere care este generată aleator în interiorul calculatorului şi că de fapt aceasta nu este reală.

Cum am putea şti noi înşine că nu suntem doar simulare în interiorul unui calculator gigantic? În mod evident noi nu putem şti. Dar în mod evident, noi înşine existăm cu adevărat. Aşadar, *dacă* de fapt este posibil pentru universul fizic de a fi într-o corespondență precisă unu la unu cu o simulare, eu pretind că am putea invoca Identitatea Indiscernabilelor şi a identifica universul şi toate emulațiile sale, simulările sale perfecte. „Identitatea Indiscernabilelor" este o regulă filosofică introdusă de filosoful german Leibniz în secolul al XVII-lea. În conformitate cu această regulă, entitățile care nu pot fi distinse prin niciun mijloc, oricare ar fi acesta, nici chiar în principiu, la orice moment de timp, trecut, prezent sau viitor, trebuie să fie considerate identice. Aşa cum vom vedea, această regulă, pe care eu am numit-o filosofică, stă la baza celei mai mari părți a fizicii moderne şi astfel eu am considerat regula aceasta ca fiind o lege fizică reală care este susținută de experiment.[4]

Aşa cum am discutat în capitolul 2, atunci când un calculator fizic emulează un alt calculator, calculatorul emulat se numeşte *maşină virtuală.* Despre calculatorul emulat se spune că există în *realitatea virtuală.* Dar această emulație a calculatoarelor nu trebuie să se oprească la un

singur pas. Calculatorul emulat poate emula un al treilea calculator, iar acest calculator, la rândul său, poate emula un al patrulea calculator şi aşa mai departe, nelimitat. Această ierarhie a simulărilor calculatoarelor se numeşte *nivel de implementare*. În ştiinţa calculatoarelor standard, suntem doar conştienţi de cele mai înalte niveluri ale implementării, care pot fi asimilate ca fiind niveluri ale realităţii. Nivelul inferior al realităţii poate fi denumit *realitate ultimă*. Aşa cum am spus mai sus, noi nu putem şti dacă universul în care ne regăsim este cu adevărat realitatea ultimă.

Dar, este oare posibil ca universul să fie într-o corespondenţă precisă unu la unu cu o anumită simulare? Eu cred că este, dacă generalizăm ceea ce înţelegem prin simulare. În ştiinţa calculatoarelor, o simulare este un program care, în esenţă, este o hartă alcătuită dintr-un set de numere întregi. Aceasta înseamnă că instrucţiunile din program transmit calculatorului cum să treacă de la starea prezentă, reprezentată de o secvenţă de întregi, la starea următoare, reprezentată de asemenea de o secvenţă de întregi. Dar să ne reamintim că noi nu avem nevoie în mod real de un calculator fizic; secvenţa iniţială a întregilor şi regula generală (instrucţiuni, sau hartă) de înlocuire a secvenţei prezente prin următoarea este tot ceea ce este necesar. Dar regula generală poate ea însăşi să fie reprezentată ca o secvenţă de întregi. Astfel, dacă timpul trebuie să existe în mod global şi dacă cele mai fundamentale lucruri din universul fizic şi paşii de timp dintre un moment şi următorul sunt discreţi, atunci întregul spaţiu-timp trebuie să fie în mod categoric într-o corespondenţă unu la unu cu un anumit program. Dar timpul nu poate exista în mod global (el nu poate exista dacă este adevărată cosmologia cuantică tradiţională) şi poate fi astfel încât substanţa din univers să fie reprezentată prin câmpuri continue şi nu prin obiecte discrete (în *toate* teoriile fizice curente, substanţa de bază este reprezentată prin câmpuri continue). Astfel, dacă

universul real este descris de ceva care seamănă cu teoriile curente, atunci acesta nu poate fi într-o corespondență unu la unu cu programul standard al unui calculator care se bazează pe o proiecție de numere întregi. Nu există în mod curent niciun model al unui calculator „continuu". Chiar și Turing a susținut că un astfel de lucru este fără sens. (Există definiții ale „funcțiilor continue calculabile", dar niciuna dintre ele nu este cu adevărat satisfăcătoare.)

Să privim mai larg ceea ce înseamnă a număra în termenii simulării. Să considerăm o colecție a tuturor conceptelor matematice. Să spunem că o simulare perfectă există, dacă universul fizic poate fi pus într-o corespondență unu la unu cu unele subcolecții ale tuturor conceptelor matematice consistente mutual. Din această perspectivă a „simulării", universul poate fi cu certitudine simulat, deoarece „simularea" ne poate îndreptăți să spunem că universul poate fi descris în mod exhaustiv într-o manieră consistentă din punct de vedere logic. Să observăm că „descris" nu presupune neapărat faptul că noi sau orice altă ființă inteligentă finită (sau infinită) să poată găsi cu adevărat descrierea. Aceasta poate însemna că universul real se expandează într-o ierarhie infinită de niveluri, ori de câte ori se încearcă descrierea lui în mod exhaustiv. Într-un astfel de caz, ar fi imposibil să găsim o Teorie a oricărui lucru. Cu toate acestea, faptul că a existat o „simulare" într-un sens mai general ar putea fi încă adevărat, dacă fiecare nivel ar fi fost într-o corespondență unu la unu cu un obiect matematic oarecare și dacă toate nivelurile ar fi fost mutual consistente („consistența" însemnând că, în cazul neconcordanței dintre niveluri, există o regulă – ea însăși un obiect matematic – pentru a decide care nivel este corect). Punctul crucial al acestei generalizări este de a stabili că universul fizic real este ceva care aparține colecției tuturor obiectelor matematice. Acest fapt rezultă deoarece universul are o simulare perfectă, iar noi suntem de acord să identificăm universul cu

simularea sa perfectă, adică cu emulația sa. Astfel, la nivelul ontologic cel mai de bază, universul fizic este un concept.

Algoritmul pentru a decide care dintre concepte există în mod fizic

Dar, desigur, nu toate conceptele există din punct de vedere fizic. Dar unele există. Care sunt acestea? Răspunsul este oferit de analiza noastră anterioară a programelor. *Simulările care sunt suficient de complexe pentru a conține observatori – ființe care gândesc, care simt – sub forma unor subsimulări există din punct de vedere fizic.* Şi, mai mult, acestea există din punct de vedere fizic prin definiție: pentru că aceasta este exact ceea ce am înțeles prin existență, şi anume ființe care gândesc şi care simt că gândesc şi simt ele însele că există. Să ne amintim că gândirea şi simțirea simulată ale ființelor simulate sunt reale. Astfel, universul fizic real – acela în care experimentăm acum gândurile noastre proprii simulate şi simțămintele simulate – există în mod necesar prin definiția a ceea ce înseamnă existența. Existența fizică este doar o relație particulară între concepte. Existența *este* un predicat, dar un predicat al unor anumite foarte, foarte complexe simulări. Cu siguranță, nu este un predicat al conceptelor simple, de exemplu „o sută de taleri". (Un „taler" era o monedă utilizată în ultima perioadă a secolului al XVIII-lea, în Germania. Kant[5] a utilizat „100 de taleri" ca exemplu al unei entități pentru care existența nu era o proprietate – un predicat – pe lângă atributele sale fizice, precum că aceasta este făcută din metal, avea o anumită dimensiune etc.)

Cu o necesitate egală, vor exista din punct de vedere fizic multe universuri diferite. În particular, va exista un

univers în care noi facem ceva uşor diferit de ceea ce facem în mod real în acesta (cu condiţia, desigur, ca această acţiune să nu fie în contradicţie logică cu structura restului universului). Dar aceasta nu este nimic nou; aceasta este deja prezentă în ontologia Interpretării Lumilor-Multiple. Exact, cât de multe universuri există în mod real din punct de vedere fizic depinde de definiţia dată asupra „fiinţei care gândeşte şi simte". Dacă adoptaţi o definiţie îngustă – cum că o fiinţă trebuie să aibă cel puţin complexitatea noastră umană – atunci, domeniul universurilor posibile pare a fi destul de îngust: *The Anthropic Cosmological Principle* (Principiul cosmologic antropic), cartea mea[6] scrisă cu John Barrow, este dedicată unei discuţii asupra cât de fin pare că trebuie să fie universul nostru, dacă acesta trebuie să conţină fiinţe asemănătoare nouă.

Ce se întâmplă dacă simularea universului se opreşte mâine? Va colapsa universul în non-existenţă? Cu siguranţă, asemenea simulări terminale există din punct de vedere matematic. Dar dacă nu există nicio raţiune intrinsecă vizibilă în interiorul simulării pentru ca simularea să se oprească, atunci aceasta trebuie să fie înglobată în interiorul unei simulări mai ample care nu se opreşte. Deoarece observaţiile asupra fiinţelor din interiorul simulării sunt cele care determină ceea ce există din punct de vedere fizic şi deoarece nimic nu se întâmplă din punctul lor de vedere la punctul terminus, atunci când sfârşitul simulării este înglobat în simularea fără de sfârşit, trebuie să spunem că universul continuă să existe. Extensia maximă este cea care are existenţă, pentru că prin Identitatea Indiscernabilelor noi putem (din punct de vedere fizic) să identificăm sfârşitul programelor cu înglobarea lor în programul maxim. (S-ar putea utiliza un argument similar pentru afirmarea existenţei fizice a evoluţiei maxime dintr-un set de date iniţiale date în cadrul problemei evoluţiei din relativitatea generalizată clasică.)

Mai mult, dacă este posibil din punct de vedere logic ca viața să continue la nesfârșit într-un anume univers, atunci acest univers va exista în mod necesar, în toate timpurile viitoare. În particular, dacă Punctul Omega descris în capitolele anterioare este coerent din punct de vedere logic, atunci Punctul Omega există în mod necesar. Din nou, se pot găsi numeroase dovezi care să demonstreze puternic că este extrem de dificil de a construi un univers pentru ca viața să existe în totalitate și mult mai puțin de a exista la nesfârșit. Astfel, m-aș aștepta ca universul ales prin Condiția la Limită a Punctului Omega să fie unic. Dacă este așa, consistența logică (și definiția „vieții", a „gândirii și a simțirii ființei" etc.) va selecta o singură și unică funcție de undă pentru actualizare. Deoarece funcția de undă și argumentele sale determină legile fizice și „materia brută" care există, în acest caz universul fizic ar fi determinat numai de consistența logică. Astfel, putem concluziona că universul, sau cel puțin Punctul Omega, există în mod necesar.

Un univers dat există în mod necesar, dacă acesta conține observatori pretutindeni, spre Punctul Omega. Observațiile colective (și acțiunile) tuturor observatorilor aduc întregul univers la existență; în mod echivalent trecutul, prezentul și viitorul există, deoarece aceste regiuni spațio-temporale sunt observate de Punctul Omega. Aceasta ne amintește de ideea filosofului britanic din secolul al XVIII-lea, George Berkeley, după care existența universului este datorată faptului că acesta este într-o continuă observație a lui Dumnezeu. În general, Berkeley a apărat noțiunea pentru care eu am pledat în acest capitol, și anume că a exista înseamnă a fi perceput. Referitor la întrebarea despre un copac ce cade în pădure, s-ar putea spune că el produce un sunet, deși nu-i nimeni în jur să-l audă, răspunsul este afirmativ, deoarece Punctul Omega/Dumnezeu îl observă în viitorul cel de pe urmă (sau, așa cum aș prefera să spun, deoarece animalele și plantele constituie observatori perfect

eleganți în propria mea teorie, indiferent dacă viața de orice fel să fi existat). Punctul de vedere al lui Berkeley – şi al meu – este frumos rezumat în următoarele versuri:

A fost odată un om care spunea: „Dumnezeu
Trebuie să gândească aceasta extrem de ciudat
Dacă el găseşte că acest copac
Continuă să existe
Atunci când nu există un altul în Quad".

Replică: Dragă domnule, mirarea dumitale e ciudată.
Eu sunt întotdeauna aici în Quad.
Şi de aceea copacul
Va continua să existe,
Deoarece este observat
De al tău sincer, Dumnezeu.

Proba Postulatului Vieții Veşnice

Discuția precedentă asupra necesității existenței fizice a universului poate deveni la rândul ei o probă a Postulatului Vieții Veşnice. Să considerăm un segment al unei istorii singulare şi, în această istorie, să ne focalizăm atenția asupra unui moment de timp. Acest moment de timp conține întregul univers fizic aşa cum noi îl vedem la acest moment. (Să ne amintim că nu putem vedea alte universuri ale Interpretării Lumilor-Multiple.) Să ne imaginăm acum acest ansamblu de date inițiale evoluând spre viitor, sub controlul legilor fizicii (oricare ar fi acestea, în această istorie). Să presupunem acum că legile fizicii şi condițiile inițiale sunt astfel încât la un anumit moment de timp viitor T_e întreaga viață din această istorie se stinge în mod necesar. Aceasta înseamnă că orice evoluție ulterioară în viitor, utilizând legile date ale fizicii, va fi o istorie fără viață

pentru toate momentele de timp ale viitorului. Întreaga istorie există din punct de vedere matematic, în clasa tuturor simulărilor consistente din punct de vedere logic, dar aceasta *colapsează fizic într-o non-existență,* imediat ce viața piere (presupunând, desigur, că nu există nicio modalitate pentru ca o istorie învecinată să poată fi afectată de istoria în care viața a pierit). Dacă nu există viață în univers pentru a observa existența acestuia, atunci, prin definiția existenței fizice, această simulare, această istorie universală nu există pur și simplu din punct de vedere fizic. Totuși, dacă există o modificare a legilor fizicii în această istorie pentru care viața va continua să existe după momentul T_e, atunci istoria cu legile fizicii modificate la momentul T_e există din punct de vedere fizic. Adică, legile fizicii fiind valabile tot timpul, atunci și condițiile universale la limită *permit în mod necesar vieții să continue a exista la nesfârșit.* Acest lucru probează Postulatul Vieții Veșnice.

Pe de altă parte, dacă legile fizicii nemodificate în timp permit vieții să continue a exista în univers, atunci va exista o istorie în care viața continuă să existe în acest univers în care legile fizicii sunt nemodificate. Aceasta confirmă valabilitatea predicțiilor mele din capitolul 4 – predicții care au fost obținute în ipoteza că legile fizicii sunt valabile cel puțin din prezent până când universul care colapsează atinge temperatura Planck.

Să observăm încă o dată că am abordat un punct de vedere platonic al realității matematice și fizice în această demonstrație a Postulatului Vieții Veșnice. Realitatea matematică, clasa tuturor propozițiilor consistente din punct de vedere logic, este privită ca realitate ultimă, iar realitatea fizică este o subclasă adecvată a realității ultime. Ar trebui ca o simulare suficient de bogată să existe din punct de vedere fizic și să fie rulată pe o altă mașină care, la rândul său, este o mașină virtuală față de o altă mașină și așa mai departe. Toate aceste mașini există din punct de vedere

matematic şi, dacă poate exista comunicarea, cel puţin în principiu, între aceste diferite niveluri ale maşinii – să ne amintim că aceste niveluri au fost denumite „niveluri de implementare" – atunci această posibilitate, prin definiţie, conferă realitate fizică tuturor nivelurilor, deoarece prin ipoteză cel mai înalt nivel de implementare este real din punct de vedere fizic. Cel mai scăzut nivel de implementare care poate fi atins observaţional (cel puţin în principiu), dintr-un univers care există din punct de vedere fizic, l-am putea denumi „realitatea fizică ultimă".

Cum creează Punctul Omega universul fizic

Daţi-mi voie să conturez ideile primelor trei capitole, pentru a arăta că este rezonabil acum să spunem „Punctul Omega a creat universul fizic (şi pe El însuşi/Ea însăşi". În teologie, expresiei „creaţia universului de către Dumnezeu" i-au fost atribuite două înţelesuri distincte, timp de peste două mii de ani. Mai întâi, expresia a fost interpretată cu înţelesul că universul fizic are o vârstă finită, că timpul însuşi a avut un început. Apoi, a fost interpretată cu înţelesul că universul fizic nu este autoîntreţinut şi ar putea astfel colapsa în nonexistenţă, dacă acţiunea continuă a lui Dumnezeu nu l-ar ţine în viaţă.

Nu există nicio dificultate ştiinţifică, referitor la primul înţeles. Modelul cosmologic modern şi general acceptat, aşa-numita teorie Big Bang, este de fapt o teorie fizică exactă a universului fizic care devine real din nimic, în urmă cu aproximativ 20 miliarde de ani, timp care se numeşte „timp propriu".

Voi arăta acum că Teoria Punctului Omega furnizează o modalitate de a face şi cel de-al doilea înţeles la fel

de exact. Ceea ce avem nevoie acum este un model fizic al modului în care universul *ar putea* colapsa în nonexistență. Propunerea lui Berkeley nu este convingătoare, deoarece ea nu a furnizat un mecanism fizic care să explice de ce observația introduce o diferență. Este nevoie de un model al universului care colapsează în nonexistență, din lipsa observației. Acum este clar modul cum putem să construim unul.

Într-o altă abordare, este în mod necesar adevărat faptul că există o istorie viitoare care determină evoluția universului din starea prezentă către Punctul Omega. Este în mod necesar adevărat faptul că nu contează ceea ce facem, *nu putem* fi pentru totdeauna rupți de Dumnezeu. Această conexiune logică necesară a fost poate cel mai bine exprimată de Sf. Pavel în Scrisoarea sa către Romani: „Pentru că sunt sigur că nici moartea, nici viața, nici îngerii, nici principiile, nici lucrurile prezente, nici lucrurile care trebuie să vină, nici puterile, nici înălțimea, nici adâncimea şi nici nimic altceva din toată creația nu va fi în stare să ne separe de dragostea lui Dumnezeu..." (Romani 8:38-39 RSV).

Existența necesară a *tuturor* istoriilor care conduc la Dumnezeu este în mod esențial aceeaşi cu imaginea tradițională creştină, numită *emanaționism,* care arată modul în care Dumnezeu a creat universul. Emanaționismul a intrat în creştinism prin ideile lui Augustin, dar ideea de bază provine de la Platon. În dialogul său *Timaeus,* Platon argumentează cel dintâi că Dumnezeu a dorit ca întreaga realitate să se apropie de El atât cât poate fi logic posibil:

> Să stabilim aşadar pentru ce rațiune devenirea şi acest univers au fost imaginate de el, cel care a înscenat totul. El a fost bun; iar în bunătate, nicio gelozie, de orice natură, nu poate vreodată să apară. Aşadar, fiind lipsit de gelozie, el a voit ca toate lucrurile să fie cât mai mult posibil asemănătoare lui. Suntem extrem de siguri că oamenii înțelegători

vor accepta faptul că acesta este principiul suprem al devenirii şi al ordinii lumii.[7]

Filosoful neoplatonic Plotin a dezvoltat implicaţiile dorinţelor lui Dumnezeu pentru perfecţionarea tuturor, în cartea sa *Enneade* (Cartea 5, Capitolul 2, Secţiunea 1):

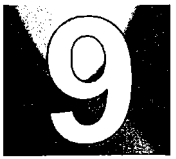
> Dacă Primul este perfect, perfecţiunea întruchipată deasupra tuturor, şi dacă este începutul oricărei puteri, el trebuie să fie cel mai puternic dintre toţi şi orice alte puteri trebuie să acţioneze ca o imitaţie parţială a acestuia. Acum se observă că se nasc alte fiinţe care tind spre perfecţiune; ele sunt incapabile de a rămâne ele însele. Acestea produc... Cum ar putea aşadar cel care este perfect să rămână el însuşi – Primul Bun, Puterea asupra tuturor, cum ar putea el să fie înciudat sau neputincios în a da de la el însuşi...? Acestei puteri nu-i putem imputa nicio şovăire, nicio urmă de ciudă geloasă; ea trebuie mereu să acţioneze în afară până când universul ajunge desăvârşit ca posibilitate ultimă. Astfel, totul este produs de o putere incompletă, dăruindu-şi darul său universului, neîndurând să vadă nimic neîmpărtăşit din fiinţa sa.[8]

Astfel, universul emană de la Dumnezeu: întreaga realitate se produce în sus şi în jos de la Dumnezeu, până când toate posibilităţile care-l leagă pe Dumnezeu de o creatură dată au fost realizate. La întrebarea potrivit căreia de ce Dumnezeu nu a făcut toate lucrurile egale atunci când El le-a creat, Augustin a răspuns: „Dacă toate lucrurile ar fi fost egale, atunci toate lucrurile nu ar fi putut fi; pentru multiplicarea categoriilor de lucruri din care universul este constituit – primul şi al doilea şi aşa mai departe, până la creaturile de cel mai jos grad – nu ar exista".[9]

Acest fapt constituie o descriere adecvată a istoriilor impusă de Condiţia la Limită a Punctului Omega: toate

istoriile dintr-un univers dat, la un moment de timp care conduce către Punctul Omega, există fizic în mod necesar. Diferența esențială dintre mecanismul creației în Teoria Punctului Omega și în viziunea tradițională este aceea că ierarhia creației este mai curând *temporală* decât spațială. Cosmosul tradițional era static; cosmosul Punct Omega este dinamic și evolutiv. Ierarhia completă a ființei, de la cel mai scăzut ordin al creației până către Dumnezeu, a fost numită[10] de către istoricul american al ideilor, Arthur O. Lovejoy, *Great Chain of Being* (*Marele Lanț al Ființei – n.t.*). În Teoria Punctului Omega, „către" Marele Lanț al Ființei înseamnă „înainte în timp".

Lovejoy a numit *Principiul Plenitudinii* existența necesară a tuturor ființelor care pot fi puse în legătură cu Dumnezeu. Astfel, Principiul Plenitudinii înseamnă „...nu doar... că universul este un *plenum forarum* în care domeniul diversității posibile a *felurilor* de lucruri vii este exemplificat exhaustiv, ci și faptul... că nicio potențialitate autentică a ființei nu poate rămâne incompletă, că măsura și abundența creației trebuie să fie la fel de nobilă ca și putința existenței și pe măsura capacității productive a unei surse «perfecte» și incomplete...".[11]



fizica învierii morților la viața veşnică

Nemurirea socială ca o consecință a Teoriei Punctului Omega

Să presupunem că Punctul Omega există cu adevărat. Noi, ființe umane muritoare, putem afla speranța în acest fapt? Eu cred că da. În esență, speranța înseamnă că viitorul va fi mai bun decât prezentul sau decât trecutul. Chiar şi la cea mai materialistă scară, existența viitoare a Punctului Omega ar asigura civilizației noastre o permanentă creştere a sănătății, o continuă creştere a cunoaşterii şi literalmente un progres etern. Această perpetuă ameliorare se bazează pe definiția „existenței vieții veşnice" dată în capitolul 4. O astfel de ameliorare a lumii pământeşti ar fi în sprijinul poziției creştin-ortodoxe cu privire la înțelesul lumii naturale ca opoziție, să zicem, a viziunii gnostice. În viziunea ortodoxiei, universul fizic este fundamental bun, deoarece a fost creat de o Zeitate omnipotentă şi omniscientă Care este de asemenea şi bună.

Desigur, este o consecință a fizicii faptul că, deşi civilizația noastră poate continua la nesfârşit, speciile noastre de *Homo Sapiens* trebuie inevitabil să piară, exact

cum fiecare fiinţă umană trebuie, de asemenea, să moară. Pe măsură ce Punctul Omega se apropie, temperatura va tinde către infinit pretutindeni în univers şi acest lucru va face imposibilă supravieţuirea tipului nostru de viaţă în acest mediu. (Nonexistenţa Punctului Omega nu ne-ar fi de folos. Dacă universul ar fi deschis şi s-ar dilata veşnic, atunci temperatura ar tinde către zero, pe măsură ce universul s-ar dilata. În viitorul unui astfel de univers nu există suficientă energie pentru a supravieţui *Homo sapiens*. De asemenea, protonii se dezintegrează probabil, iar noi suntem făcuţi din atomi, care necesită protoni.)

Dar moartea lui *Homo sapiens* este un rău (dincolo de moartea indivizilor umani) doar pentru un sistem cu valoare limitată. Ceea ce este important din punct de vedere uman este faptul că noi gândim şi simţim, şi nu forma particulară a corpului care îmbracă personalitatea umană. O persoană este o persoană, indiferent dacă individul este bărbat sau femeie, sau dacă este alb ori negru, şi tot aşa o fiinţă inteligentă este o persoană indiferent dacă individul respectiv este un membru al speciei *Homo sapiens*. În mod obişnuit, oamenii din ţările din afara Europei au o rată a natalităţii mai mare decât oamenii din ţările Europei şi, deci, procentul de *Homo sapiens* de origine europeană descreşte. În prezent, rasa umană îşi schimbă culoarea sa. În propriul meu sistem de valori, această schimbare de culoare este neutră din punct de vedere moral; ceea ce este cu adevărat important este condiţia globală a civilizaţiei noastre: ne sporim noi oare cunoaşterea şi înţelepciunea? Cu siguranţă, cunoaşterea noastră ştiinţifică este mai mare decât cea cu un secol în urmă şi, cu toate că au existat multe rămâneri în urmă în acest secol, totuşi eu cred că suntem mai înţelepţi decât marii noştri bunici. Dacă Punctul Omega există, acest progres va continua la nesfârşit către Punctul Omega. Specia noastră constituie o treaptă intermediară din infinitul Lanţ al

Ființei care conține întreaga viață din spațiu-timp. O treaptă esențială, dar numai o treaptă, totuși. De fapt, *stingerea speciei noastre este o consecință logic necesară progresului veșnic.* Deoarece noi suntem ființe finite, noi avem limite bine definite. Mințile noastre pot codifica numai atâta informație cât să putem înțelege numai argumentele simple. Dacă ascensiunea vieții înspre Punctul Omega este cu putință să apară într-o bună zi, mințile cele mai avansate trebuie să nu fie de tip *Homo sapiens.* Moștenirile civilizației noastre trebuie să fie alte specii, iar moștenirile lor altele și tot așa, *ad infinitum,* către Punctul Omega. Noi trebuie să murim – ca indivizi, ca specie – pentru a rămâne vie civilizația noastră. Dar contribuțiile la civilizația pe care o construim ca indivizi va supraviețui morții noastre individuale. Judecând din prisma progresului rapid al calculatoarelor din prezent, înclin să cred că viitoarea etapă a vieții inteligente va fi literalmente cea a mașinilor de procesat informație.

La viteza actuală, calculatoarele vor atinge nivelul uman în procesarea informației probabil într-un secol, sau în mod cert până într-o mie de ani.

Mecanismul fizic al învierii individuale

Mulți găsesc asigurarea nemuririi vieții ca pe un confort complet și calm pentru moartea lor ca indivizi. Ei simt că un Dumnezeu cu adevărat bun ar face provizii pentru viața individuală de după moarte. Ceea ce cred creștinii despre viața veșnică a fost exprimat de Pannenberg:

> ...viața care conștientizează învierea morților este aceeași ca și viața pe care o ducem acum pe pământ. Cu toate acestea, viața noastră prezentă este la fel

> cum Dumnezeu o vede din prezența sa eternă. Prin urmare, ea va fi complet diferită de modul în care noi o experimentăm acum. Mai mult, nimic nu se întâmplă în învierea morților exceptând ceea ce deja constituie de pe acum adâncul timpului și care este deja prezent pentru ochii lui Dumnezeu – pentru viziunea sa creatoare.[1]

Vom trăi din nou, ca să zic așa, în mintea lui Dumnezeu. Dar aduceți-vă aminte de discuția mea din capitolul 4 despre *aeternitas*-ul thomist. Acolo am subliniat faptul că, dacă universul este global hiperbolic (determinist), toată informația conținută în întreaga istorie omenească, incluzând fiecare detaliu al fiecărei vieți umane, va fi disponibilă pentru analiza colectivității vieții din viitorul îndepărtat. În principiu, cel puțin, (ignorând din nou dificultatea extragerii informației relevante din întregul zgomot de fond) este posibil ca viața să construiască în viitorul îndepărtat, folosind această informație, o simulare perfect exactă a acestor vieți trecute: de fapt această simulare este exact orizontul suficient de apropiat la care s-ar ridica viețile noastre prezente prin Punctul Omega. Iar în capitolul 8 am evidențiat faptul că o simulare suficient de perfectă a unei ființe vii ar *fi* cu adevărat vie. În cele ce urmează voi demonstra că Punctul Omega va alege să folosească puterea Lui/Ei pentru a efectua această simulare. Pe scurt, voi argumenta că, cursa pentru cunoașterea totală – pe care în viitor viața trebuie să o descopere dacă e să supraviețuiască și care va fi obținută numai la Punctul Omega – pare să necesite faptul că o analiză a trecutului și, deci, o astfel de simulare, ar trebui dusă până la capăt. În acest caz învierea morților în sensul lui Pannenberg ar fi inevitabilă în *eschaton* (vremea din urmă). Apoi, acesta este mecanismul fizic al învierii individuale: *noi vom fi emulați în calculatoarele viitorului îndepărtat.* Astfel, conform celor discutate

în capitolele 2 şi 8, termenii tehnici[2] pentru realitatea în care noi ca indivizi înviaţi vom locui în viitorul îndepărtat este „realitatea virtuală", sau „ciberspaţiu".

Această înviere nu depinde de capacitatea de a extrage suficientă informaţie din conul luminos trecut. De fapt, *învierea universului este fizic posibilă chiar dacă nici o informaţie despre oricare individ nu poate fi extrasă din conul luminos trecut.* Cum capacitatea calculatorului universal creşte fără limită pe măsură ce Punctul Omega este atins, rezultă că dacă este înmagazinat permanent numai scheletul lumii noastre de azi, atunci va veni inevitabil un moment când va exista o capacitate suficientă să simuleze lumea prezentă printr-o simplă forţă brută: prin crearea unei simulări exacte – o emulaţie – a *tuturor* variantelor logic posibile ale lumii noastre. De exemplu, cum o fiinţă umană are în jur de 110 000 de gene active[3], aceasta înseamnă că genotipul uman poate codifica aproximativ 10^{10^6} fiinţe umane posibile, distincte din punct de vedere genetic. Mai mult, creierul uman poate stoca între 10^{10} şi 10^{17} biţi, aşa cum am discutat în capitolul 2, ceea ce implică faptul că există între $2^{10^{10}}$ şi $2^{10^{17}}$ memorii umane posibile. Din acest punct de vedere există $10^{10^6} \times 10^{10^{17}} \approx 10^{10^{17}}$ stări umane posibile ($2^{10^{17}} \approx 10^{10^{17}}$; este o proprietate a exponenţialelor duble faptul că, dacă al doilea exponent este mai mare decât 10, atunci schimbarea bazei din 2 în 10 nu schimbă foarte mult numărul exprimat printr-o exponenţială dublă).[4] Voi arăta acum că o emulaţie a tuturor variantelor posibile ale lumii noastre – aşa-numitul univers vizibil – ar necesita cel mult $10^{10^{123}}$ biţi de memorie şi că această capacitate de memorie va fi eventual disponibilă în viitorul îndepărtat.

Proba că emularea întregului univers vizibil este fizic posibilă

Punctul Omega poate emula oameni prin simularea tuturor stărilor cuantice posibile corespunzătoare unei ființe umane. Numărul posibil de astfel de stări este definit prin cantitatea maximă de informație care poate fi stocată într-o sferă de rază R. Acest lucru este stabilit de Limita Bekenstein[5]: informația codificată în interiorul sferei este mai mică sau egală cu 3×10^{43} biți, înmulțită cu masa din interiorul sferei, măsurată în kilograme, şi înmulțită cu raza sferei, măsurată în metri. (În aplicarea Limitei Bekenstein, trebuie să includem de asemenea şi masa sub formă de energie: $E = mc^2$.) Cum un om mediu are o masă sub 100 kg şi este sub 2 m înălțime – şi, deci, se potriveşte într-o sferă cu raza de 1 metru – rezultă că o ființă umană trebuie să fie codificată de 3×10^{45} biți sau mai puțin. Prin definiție, numărul de stări se obține prin ridicarea la putere a cantității de informație. Deci, există cel mult $10^{3\times10^{45}}$ (care este aproximativ egal cu $10^{10^{45}}$) stări cuantice posibile[6] pe care le poate conține o ființă umană. Cu capacitatea unui calculator care va deveni eventual posibil, Punctul Omega le-ar putea simula pe toate. Chiar cunoaşterea genotipului uman ar fi suficientă pentru aceasta. Şi chiar dacă înregistrarea genotipului uman nu este reținută până ce capacitatea calculatorului nu este suficientă, ar fi totuşi încă posibil a învia toți oamenii posibili, chiar şi numai din cunoaşterea codificată în ADN. Numai simularea tuturor formelor posibile de viață care pot fi codificate de ADN (stabilitatea informației impune ca acest număr să fie finit) şi toate tipurile umane logic posibile vor fi cuprinse în mod necesar. În cele din urmă, va fi posibil chiar să se simuleze toate *universurile*

vizibile posibile. Numărul acestor universuri vizibile posibile, $10^{10^{123}}$ (acest număr a fost calculat prima dată de către Penrose[7]), este din nou crescut de 10 ori către Limita Bekenstein, R fiind, în acest caz, raza unei sfere cu raza egală cu cea a universului vizibil, 20 milioane ani-lumină, iar masa[8] fiind masa din interiorul acelei sfere.

Limita Bekenstein rezultă din postulatele fundamentale ale teoriei cuantice combinate cu ipoteze suplimentare, că (1) sistemul este limitat energetic şi (2) sistemul este limitat, sau localizat, în spaţiu. O demonstraţie riguroasă a Limitei Bekenstein ar impune teoria cuantică a câmpului, dar este uşor de schiţat de ce conduce mecanica cuantică spre o astfel de limită a informaţiei codificate dintr-o regiune limitată. În esenţă, Limita Bekenstein este o manifestare a principiului de incertitudine. Să ne amintim faptul că principiul de incertitudine ne spune că există o limită a preciziei cu care putem măsura impulsul unei particule şi poziţia sa. Mai exact, principiul de incertitudine spune că localizarea unui punct în spaţiul fazelor – un concept pe care l-am definit în capitolul 3 – nu poate fi definită sub valoarea constantei Planck, h. Cum starea unui sistem este definită de localizarea din spaţiul fazelor, aceasta înseamnă că numărul de stări posibile este mai mic sau egal cu dimensiunea regiunii din spaţiul fazelor în care *ar putea* fi sistemul, împărţit la dimensiunea minimă din spaţiul fazelor, constanta lui Planck. (Expresia matematică a acestui argument am dat-o în Anexă). Acest procedeu de numărare al stărilor reprezintă o metodă esenţială din statistica cuantică. În capitolul 3 l-am folosit deja pentru a demonstra periodicitatea unui sistem cuantic limitat. El este confirmat de mii de experienţe care s-au bazat pe acest procedeu de numărare.[9] În fizica particulelor de energie înaltă, orice calcul de „secţiune transversală" necesită numărarea numărului posibil de stări iniţiale şi finale ale particulei, utilizându-se

metoda de numărare de mai sus.[10] *Secțiunea transversală,* care este o măsură a cât de multe particule sunt împrăștiate pe o anumită direcție, atunci când se ciocnesc în acceleratoare de particule, reprezintă o mărime fundamentală testată în fizica particulelor elementare. Limita Bekenstein a numărului de stări posibile este astfel confirmată de corectitudinea secțiunilor transversale calculate. Pe scurt, Limita Bekenstein a informației totale care poate fi codificată într-o regiune reprezintă o concluzie temeinică a fizicii moderne, un rezultat la fel de solid ca și Stânca Gibraltarului.

De asemenea, Limita Bekenstein poate fi utilizată în deducerea unei limite superioare a vitezei de procesare a informației. Timpul necesar luminii pentru a traversa o sferă de diametru dat este egal cu diametrul sferei împărțit la viteza luminii. Cum o stare din interiorul sferei nu se poate schimba complet înainte ca un semnal să parcurgă sfera de la un capăt la celălalt, viteza de procesare a informației este limitată de Limita Bekenstein de mai sus împărțită la acest interval de timp. În cifre (detalii în Anexă), viteza de modificare a stării este mai mică sau egală cu 4×10^{51} biți pe secundă, înmulțită cu masa sistemului, în kilograme. Adică, viteza de procesare a informației pentru un sistem depinde doar de masa sistemului și nu de dimensiunea sa spațială sau de orice altă variabilă. Deci, o ființă umană de masă 100 de kilograme nu își poate modifica starea mai repede decât de aproximativ 4×10^{53} ori pe secundă. Acest număr este evident enorm – și, de fapt, un om își va modifica probabil starea mult, mult mai încet decât atât – dar este finit.

Din Limita Bekenstein rezultă că, folosind o capacitate de memorie de ordinul Limitei Bekenstein, o simulare de calculator a unei persoane, a unei planete, a unui univers vizibil nu va fi doar foarte bună, ci va fi *perfectă.* Aceasta va fi o emulație. Așa cum am argumentat în capitolul 8, o emulație a unei entități *este* chiar entitatea. Un om emulat va

fi constituit din celule omeneşti emulate, constituite din molecule emulate, constituite din atomi emulaţi, constituiţi din electroni, quarkuri şi gluoni. Nici un experiment, folosind aparatura experimentală care să se potrivească în interiorul universului vizibil, nu va putea distinge între emulaţie şi original. Emulaţia şi originalul *sunt* acelaşi lucru. (Dacă simularea unui om este perfectă, atunci simularea trebuie să aibă, de asemenea, liberul arbitru ontologic. Este posibil a aranja acest lucru într-o manieră consistentă cu Limita Bekenstein, după cum urmează. Limita Bekenstein presupune că starea de vid este unică, deci nici o informaţie nu este conţinută în fluctuaţiile vidului. Astfel, deşi numărul de stări în care poate fi un om este finit, tranziţiile dintre aceste stări sunt încă nedeterminate, dacă creierul uman foloseşte aceste fluctuaţii, aşa cum am discutat în capitolul 7, iar acest lucru este consistent cu limita. Pentru liber arbitru, simularea trebuie să fie legată de fluctuaţiile care există la cel mai de bază nivel ontologic.)

Se poate pune şi problema moralităţii unei astfel de forţe brute a învierii: nu doar morţii sunt înviaţi, ci şi oameni care nu au trăit niciodată. Cu toate acestea, scopul principal al fizicii Universurilor Multiple din capitolul 5 şi al metafizicii Universurilor Multiple din capitolul 8 este că toţi oamenii şi toate istoriile care ar putea să existe există de fapt. Ele nu există chiar pe traiectoria noastră de fază şi, deci, noi nu le înregistrăm ca atare. Morţilor înviaţi nu le va păsa pe ce traiectorie de fază sunt ei înviaţi – propria lor traiectorie sau o alta – atâta vreme cât ei *sunt* înviaţi. Dacă identitatea personală dintre un om original şi unul înviat impune ca ei să fie în aceeaşi stare cuantică, atunci forţa brută a învierii va fi necesară pentru a difuza Teorema non-Clonării[11], care spune că nu este posibil să se construiască un aparat care să dubleze (şi cloneze) o stare cuantică arbitrară. Cu alte cuvinte, nu se poate construi nici

o maşină care să ia un obiect în starea Ψ ca mărime de intrare şi să genereze, ca mărime de ieşire, două obiecte, fiecare în starea Ψ, pentru Ψ arbitrar ales. Cu toate acestea, este adevărat[12] faptul că pentru orice stare *particulară* Ψ_i, este posibil să se construiască un dispozitiv A_i care *va* lua, ca mărime de intrare, un obiect în starea Ψ_i şi va genera, ca mărime de ieşire, două obiecte, fiecare în starea Ψ_i. Deci, dacă noi ştim că un sistem trebuie să fie în una dintr-un număr infinit de stări cuantice Ψ_i, pentru i = 1, 2, ... , $10^{10^{70}}$ – care este cazul fiinţelor umane, aşa cum am arătat mai sus – atunci singura cale de a fi siguri că o stare cuantică a unui om mort demult este reînviată (să zicem că aceasta s-a întâmplat să fie în starea Ψ_{1507} în momentul morţii) este aceea de a construi $10^{10^{70}}$ dispozitive şi de a genera toţi cei $10^{10^{70}}$ oameni posibili. Aşa cum am indicat mai sus, va fi posibil de a reduce sub $10^{10^{70}}$ limita superioară a numărului de stări dublate, pentru a reînvia stările cuantice ale tuturor oamenilor care au trăit pe o singură traiectorie de fază, dar Teorema non-Clonării arată că această limită mai joasă a numărului ce urmează a fi reînviat este totuşi mai mare decât numărul total care a existat în realitate pe traiectoria de fază.

Teorema non-Clonării reprezintă o manifestare a ceea ce se cheamă în general „nelocalitatea cuantică", care se referă la faptul că sistemele cuantice complexe care au interacţionat o dată sunt veşnic îngemănate, indiferent cât de departe spaţial sunt ele ulterior. În cazul maşinăriei de clonare, dacă starea Ψ a obiectului era arbitrară, atunci maşinăria de clonare ar modifica starea sa pentru a determina ce stare Ψ a fost, iar această modificare de stare ar relaţiona obiectul original şi maşinăria de clonare, astfel încât cele două „duplicate" n-ar putea fi în exact aceeaşi stare ca şi originalul. Dar dacă maşinăria de clonare este

proiectată să dubleze doar o stare particulară, modificarea inițială a stării nu este necesară; îngemănarea nu apare.

Această nelocalitate cuantică este importantă pentru învierea oamenilor până la starea cuantică, deoarece aceasta înseamnă că va fi necesară o dublare nu doar a unui individ izolat, ci şi a mediului său înconjurător. În particular, interacția de zi cu zi dintre oameni îi va îngemăna din punct de vedere cuantic, astfel încât va fi necesar a se replica stările cuantice corespunzătoare întregii specii umane în masă la fiecare moment de timp. Cum însă oamenii interacționează şi cu mediul lor neanimat, pentru a avea starea cuantică exactă, va fi necesar a se replica chiar întregul univers vizibil. Dar, aşa cum am arătat mai sus, toate universurile vizibile posibile pot fi replicate până la starea cuantică, dacă memoria are o capacitate de cel puțin $10^{10^{123}}$ biți. În viitorul îndepărtat, capacitatea calculatorului universal va fi cu mult, mult peste aceasta.

Nelocalitatea cuantică implică, de asemenea, de exemplu, faptul că părinții sunt cuantic îngemănați cu copiii lor. Deci, dacă părinții vor fi reînviați până la starea cuantică, acest lucru nu va fi cu putință fără ca şi copiii lor să fie înviați, sau să fie înviați într-un mediu nefamiliar.

Când vor fi înălțați morții?

Morții vor fi înălțați atunci când capacitatea de memorie a universului va fi atât de mare încât capacitatea necesară stocării tuturor simulărilor a oamenilor posibili ar fi o fracție nesemnificativă din întreaga capacitate. Cum capacitatea de stocare a informației tinde către plus infinit aproximativ ca t^{-1} în timpul propriu, în apropierea Punctului Omega, la $t = 0$, aşa cum este prezentat în Anexă, învierea va

avea loc într-un interval cuprins între $10^{-10^{10}}$ secunde şi $10^{-10^{123}}$ secunde, înainte de atingerea Punctului Omega. (Nu are importanţă dacă timpul este măsurat în ani, secunde sau în intervale de timp Planck [intervalul de timp Planck este 10^{-43} secunde], toate acestea dau aproximativ acelaşi ordin de mărime – din nou, dubla exponenţială!) Numerele de mai sus presupun că o persoană nu este înviată până ce el sau ea nu este emulată; adică, duplicată până la starea cuantică exactă. Totuşi, voi argumenta mai jos, şi Hans Moravec a cuprins în cartea sa[13] *Mind Children* că simularea nu trebuie să fie în realitate o emulaţie a stării cuantice pentru a fi considerată persoana originală. Amândoi, Moravec şi eu, credem că, dacă este simulată personalitatea esenţială, acest lucru este suficient pentru a fi identificată cu persoana originală. În acest caz, numerele de mai sus constituie doar o limită superioară, iar învierea va avea loc mult mai devreme. Moravec crede că învierea va avea loc înainte ca maşinile noastre descendente să cuprindă Calea Lactee.

Dar chiar şi în acest caz, morţii nu vor fi înălţaţi înainte de mii de ani, cel mai devreme. Acest lucru sperie multă lume, care este îngrijorată cu privire la ce vor face sufletele lor în acest timp. Aşa cum spune şi scriitorul american John Updike:

> Ideea că noi dormim secole şi secole la rând fără pic de vis, în timp ce trupurile noastre putrezesc şi se întorc în ţărână, iar pietrele noastre de mormânt se ruinează, este în fapt înspăimântătoare la fel ca o nimicire.[14]

Sufletul nu va face nimic, nici chiar să doarmă fără vise, deoarece el nu există. Un suflet omenesc nu este în mod natural nemuritor, iar când ai murit, ai murit până ce Punctul Omega te reînvie. Dar între clipa morţii şi clipa

învierii nu se scurge timp subiectiv, chiar dacă în universul ca întreg se pot scurge trilioane de ani. Acest lucru a fost scos în evidență de cel mai mare fizician al tuturor timpurilor, Sir Isaac Newton: „... intervalul y^e dintre moarte și învierea y^e înseamnă pentru ei somn și absența percepției, o clipă doar".[15] (Această idee a fost evidențiată și în Coran de către Mahomed, fondatorul islamismului, așa cum voi discuta pe larg în capitolul 11.) Newton a justificat[16] această absență trecătoare a timpului subiectiv, referindu-se la promisiunea lui Iisus făcută hoțului de pe cruce: „Adevărat îți spun că astăzi vei fi cu Mine în rai" [Luca 23:43, KJV]. Cum învierea universului, spune Newton, a fost întârziată cu peste o mie de ani de la moartea lui Iisus și a hoțului, promisiunea lui Iisus cu privire la „astăzi" poate fi adevărată doar dacă nu există trecerea timpului subiectiv dintre moartea hoțului și învierea universului. Acest argument al lui Newton, și cu adevărat întreaga idee conform căreia credința creștină presupune ca sufletul să „doarmă" sau să fie anihilat între moarte și învierea universului, are o istorie vastă.[17] O voi discuta pe scurt în capitolul 11. Din nou, aceasta reprezintă una dintre dificultățile legate de întreaga noțiune a unui suflet nemuritor – nemuritor prin însăși natura sa și, deci, neavând nevoie de Dumnezeu, pentru a-l învia: ideea sporește dificultatea problemei despre ce face sufletul în timp ce așteaptă miliarde sau mii de miliarde de ani pentru a învia.

De ce vor fi înviați morții?

Simularea tuturor posibilităților, în afara celor pe care viitorul îndepărtat le-ar putea prilejui aproape sigur, va fi efectuată pe timpul cursei înspre cunoașterea totală, înainte ca frontiera-c să fie atinsă. În chiar excursia noastră

proprie de a înțelege modul cum a început viața pe planeta noastră, noi încercăm în esență să simulăm – să înviem – toate tipurile posibile ale celor mai simple forme de viață care s-au putut forma în mod spontan pe planeta primitivă. Vorbind strict, întrebarea dacă vom fi înălțați este separată de întrebarea dacă vom primi viața veșnică după ce vom fi înălțați. Voi discuta motivele așteptării ca viața în ansamblul ei din apropierea Punctului Omega – Punctul Omega și imanența Sa – să ne dăruiască viața veșnică, în cuprinsul capitolului 10.

Teoria modelului contra teoriei continuității identității

Ceea ce se întâmplă în învierea descrisă mai sus este faptul că o copie exactă a noastră reprezintă ființa simulată în memoriile calculatorului din viitorul îndepărtat.

Simularea oamenilor care sunt morți de mult este „înviere" numai dacă adoptăm ceea ce filosofii numesc „teoria modelului identității"; aceasta este esența identității a două entități care există la diferite poziții temporale în (suficient de apropiat) identitate cu modelele lor.

Continuitatea fizică este irelevantă. Am argumentat un astfel de criteriu al identității în precedentele capitole și mulți filosofi de marcă (de exemplu, John Locke) au apărat această teorie a identității. Alți mari filosofi au susținut că esența identității este continuitatea fizică în afara timpului. Această teorie a identității este numită „teoria continuității identității". Cu toate că filosofii, în general, dezvoltă o teorie a identității astfel încât să rezolve problema identității *persoanelor* în afara timpului – de pildă, când e corect să spunem că un oarecare copilaș în 1950 este aceeași persoană

cu un oarecare adult în 1993? – ei sunt de asemenea de acord că teoria lor a identității se aplică la fel de bine şi obiectelor fără viață.

Susțin că întrebarea dacă două sisteme fizice care diferă prin localizarea spațială sau temporală sunt sau nu identice este o problemă a fizicii, nu a filosofiei. Voi aduce de altfel din fizică argumente ce arată că teoria modelului identității este corectă şi că această continuitate este irelevantă. Totuşi, voi arăta, de asemenea, că există suficientă continuitate între persoana moartă originală şi emulația persoanei viitoare ca să fie identificate ambele chiar pe baza teoriei continuității identității. Prin urmare, oricare teorie a identității adoptăm, emulația viitoare *este* persoana originală moartă.

O respingere a teoriei modelului identității subliniază opinia filosofului englez Antony Flew, cum că este ridicol să numim „înviere" emulația pe calculator a unei persoane moarte. Flew pune înainte „Obiecția Copiei": „Nici o copie, oricât de perfectă, dacă e produsă de Dumnezeu sau de om, în universul nostru sau în altul, nu ar putea fi vreodată – în acest sens primar – aceeaşi persoană cu originalul său".[18] În toate scrierile sale de peste treizeci de ani asupra nemuririi, Flew a subliniat[19] că problema cea mai importantă din punct de vedere logic este problema identității personale: „Cum este persoana reconstituită în Ziua de Apoi identificată cu *eu*-l original; sau, dimpotrivă, este ea o simplă copie, un fals strălucitor?".[20] Dacă nu este rezolvată această problemă importantă a identității personale, „A pedepsi sau a răsplăti o copie, reconstituită în Ziua Judecății, pentru păcatele sau virtuțile bătrânului Antony Flew, mort şi incinerat probabil cu mulți ani înainte, este la fel de stupid şi la fel de nedrept cu a răsplăti sau a pedepsi unul dintre gemeni pentru ceea ce de fapt a făcut celălalt".[21]

Înainte de toate, Flew a greşit, potrivit sistemului nostru juridic. Se face de fapt o egalare între programele de calculator. Dacă eu copiez un procesor de texte şi îl utilizez fără a plăti drepturi de autor programatorului, eu aş putea fi adus în faţa Justiţiei. O declaraţie cum că „programul pe care l-am folosit nu este originalul, ci o simplă copie" nu ar putea fi acceptată ca apărare. Eu aş putea fi, de asemenea, dat în judecată pentru utilizare fără permisiunea unui organism care posedă patentul. Gemenii identici *nu* sunt persoane identice. Programele, care sunt memoriile lor, diferă enorm; amintirile codificate în neuronii lor diferă de la unul la altul, în cele din urmă, tot atât de mult cât diferă amintirile de la o fiinţă umană la alta. Ei sunt priviţi în mod corect ca persoane diferite. Dar două fiinţe care au aceeaşi zestre genetică, dar *şi* aceleaşi programe mentale, *sunt* aceeaşi persoană şi este corect să le privim ca egal responsabile din punct de vedere legal.

În orice caz, problema identităţii persoanei în afara timpului este, în cele din urmă, o problemă a fizicii, nu a legii, în special a legii bazate pe o imagine precuantică a lumii. Aşa stând lucrurile, chiar dacă Flew avea dreptate în ceea ce priveşte sistemul nostru de legi, perspectiva juridică asupra identităţii persoanei ar fi irelevantă. Realitatea fizică nu este dependentă de opinia judecătorilor umani. Galileo a fost informat de judecătorii Inchiziţiei că Pământul era nemişcat în centrul universului. Aş putea crede, prin urmare, că Pământul ar fi staţionar?

Mai multe secole în urmă, o curte americană din Salem, Massachusetts, a declarat vrăjitoria o ameninţare la adresa societăţii. Aş putea crede prin urmare în vrăjitorie? Câţiva ani în urmă, o curte americană din Pennsylvania a declarat că puterile psihice ale unei femei au fost distruse printr-un program de scanare CAT. Aş putea crede prin urmare în puterile psihice?

Cum am arătat mai sus, voi răspunde Obiecției Copiei a lui Flew în două moduri, folosind fizica. Întâi, mecanica cuantică are un criteriu pentru a decide când două sisteme, care diferă prin poziția lor în spațiu, sunt identice. Voi arăta că acest criteriu ne cere să identificăm ființa umană originală cu ființa umană înviată, chiar dacă nu există continuitate între cele două. În al doilea rând, voi arăta că există suficientă continuitate între persoana originală și persoana înviată, chiar în Teoria Punctului Omega clasică, pentru a putea să le identificăm. Astfel, identitatea originalului cu persoana înviată este stabilită de fizică.

MECANICA CUANTICĂ SUSȚINE TEORIA MODELULUI IDENTITĂȚII

Cred că cea mai concluzivă și mai covârșitoare respingere a Obiecției Copiei este argumentul mecanicii cuantice. Este un fapt fundamental al mecanicii cuantice faptul că două sisteme – de pildă doi atomi – în aceeași stare cuantică nu pot fi distinși, chiar și în principiu: dacă ei sunt fizic interschimbabili, universul (până la un factor de fază) este neschimbat. Această totală și absolută indiscernabilitate a sistemelor în aceeași stare cuantică este de importanță centrală în fizica modernă, în particular, un mare număr de fenomene nu pot fi explicate decât presupunând *identitatea exactă a sistemelor în aceeași stare cuantică.*

Această identitate exactă este cauza ultimă a stabilității materiei: fără această identitate exactă, principiul excluziunii nu ar putea fi capabil să prevină colapsul atomilor și al tuturor corpurilor solide în găuri negre. Această identitate exactă este rezolvarea Paradoxului Gibbs în mecanica statistică. Această identitate exactă este o presupunere de bază în derivarea distribuției Planck pentru radiația corpului negru.

Este importantă considerarea unui detaliu al Paradoxului Gibbs, dacă el poate fi derivat fără referire la atomi, utilizând doar ideile termodinamicii clasice. Aceasta este o ilustrare a faptului cum efectele mecanicii cuantice – în acest caz, identitatea sistemelor în aceeaşi stare cuantică – se pot ele însele manifesta la nivel macroscopic. (De asemenea, este ilustrat modul cum unele consecinţe ale termodinamicii clasice sunt la origine mecanică cuantică: ele nu pot fi înţelese pe baza mecanicii newtoniene.) Presupunem că avem două containere cu gaz, fiecare la aceeaşi temperatură T şi presiune P, şi mai departe presupunem că fiecare container are volumul V. Celebrul fizician american J. Willard Gibbs a arătat în 1875, şi urmărind calculul său, marele fizician englez James Clerk Maxwell a arătat, în articolul intitulat „Diffusion" pentru *Encyclopedia Britannica* în 1878, că două containere ce conţin gaze care diferă *într-un fel oarecare,* atunci unind containerele unul cu celălalt şi permiţând gazelor să difuzeze, se poate extrage energia PV21n2 din procesul de difuzie. Pe de altă parte, dacă gazele sunt absolut identice, atunci energia disponibilă – energia care ar putea fi disponibilă pentru un lucru mecanic – este exact zero. Amândoi, Gibbs şi Maxwell, au subliniat că derivarea energiei disponibile nu depinde de diferenţa dintre cele două gaze, ci doar dacă există *o anume* diferenţă, oricât de mică.

Energia disponibilă care apare din difuzia a două gaze diferite nu este mică. De exemplu, dacă fiecare gaz este la presiunea de o atmosferă şi există câte un metru cub din fiecare gaz, atunci energia disponibilă este $1{,}4 \times 10^5$ jouli, care este energia necesară unui bec de 40 W să lumineze timp de o oră. Dacă moleculele ce alcătuiesc gazele sunt absolut identice, atunci becul nu arde deloc. Din nou, legile termodinamice sunt clare şi neechivoce: orice diferenţă, de orice fel, între moleculele a două gaze ţine aprins un bec de 40 W timp de o oră, iar nici o diferenţă înseamnă că becul nu

e aprins. Nu există *nici* o altă posibilitate intermediară: ori becul e aprins o oră, ori nu e aprins deloc.

Experiențele sunt de asemenea clare şi neechivoce. Dacă două containere conțin acelaşi gaz – să spunem, oxigen – nu există energie disponibilă; becul stă stins. Dacă însă containerele conțin gaze diferite – oxigen şi bioxid de carbon, să spunem – există energie disponibilă şi valoarea măsurată este chiar valoarea prezisă: becul de 40 W arde o oră.

Când Gibbs[22] şi Maxwell[23] au derivat pentru prima oară acest rezultat, ei au găsit ceva incredibil. Această predicție a termodinamicii clasice, că energia disponibilă într-un proces de difuzie este cuantificată, a fost absolut inconsistentă cu intuiția lor din mecanica newtoniană, după care energia ar trebui să varieze continuu. (Un astfel de rezultat este denumit un paradox.) Ca să explice acest fapt, reacția lor inițială a fost, cum am spune, să strângă paiele. De exemplu, Maxwell a afirmat „Acum, când spunem că două gaze sunt identice, noi înțelegem faptul că nu-l putem distinge pe unul de celălalt prin vreo reacție cunoscută. Nu este probabil, *dar este posibil* [sublinierea mea] ca două gaze provenind de la două surse diferite, dar presupuse până la urmă ca fiind identice, pot fi găsite în viitor ca fiind diferite [cu rezultatul că energia disponibilă va fi eliberată atunci când ele sunt amestecate]".[24] Aşa cum a bănuit Maxwell, această afirmație nu funcționează. Originea celor două gaze nu este relevantă. La majoritatea gazelor aflate la presiuni şi temperaturi normale, aproape toate moleculele sunt în starea fundamentală, ceea ce înseamnă că ele sunt în aceeaşi stare cuantică. Sistemele aflate în aceeaşi stare cuantică sunt identice. Între două volume de oxigen *nu* există diferență, deci nu există nici energie eliberată prin difuzia lor.

Începând din secolul trecut, fiecare chimist de pe întreaga planetă a efectuat cel puțin o experiență, în general,

în timpul primului an de studiu, care confirmă identitatea exactă a sistemelor din aceeaşi stare cuantică. Experimentul este efectuat pentru a confirma Legea Acţiunii Masei, care leagă concentraţiile reactivilor dintr-o reacţie chimică. Legea Acţiunii Masei afirmă faptul că, dacă ecuaţia chimică pentru o reacţie este $n_A A + n_B B \rightarrow n_C C$, unde A, B şi C reprezintă moleculele, iar $n_A A$ etc., numărul moleculelor de un anumit tip, atunci avem

$$[A]^{n_A}[B]^{n_B} = K[C]^{n_C}$$

unde [A], [B] şi [C] sunt concentraţiile moleculelor A, B şi C din vasul de reacţie, iar K este o constantă (constanta de echilibru).

Ca un exemplu al Legii Acţiunii Masei, să presupunem că ardem hidrogen şi oxigen pentru a forma apă.

Ecuaţia chimică este

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

Aceasta înseamnă că două molecule de hidrogen şi o moleculă de oxigen se combină pentru a da două molecule de apă. În acest caz, Legea Acţiunii Masei ne spune că la sfârşitul reacţiei vor mai exista încă atomi de hidrogen şi oxigen care nu sunt sub formă de apă, iar concentraţiile de hidrogen, oxigen şi molecule de apă sunt

$$[H_2]^2[O_2] = K[H_2O]^2$$

Aceasta înseamnă că pătratul concentraţiei hidrogenului înmulţită cu concentraţia oxigenului este egală cu constanta de echilibru înmulţită cu pătratul concentraţiei apei.

Importanţa acestei legi pentru chimişti este dificil de subestimat. Această lege permite chimiştilor să prevadă ce cantitate din fiecare compus chimic trebuie să cumpere pentru a obţine o cantitate dată a unui compus chimic final. Se numeşte Legea Acţiunii Masei deoarece măsura în care

reacția ajunge la un final depinde de concentrațiile – masele – moleculelor fiecărui tip prezent în reacție.

Identitatea moleculelor din aceeași stare cuantică este absolut esențială în validarea acestei formule. Fără această identitate, legile termodinamicii ar spune că nu există nici o relație între concentrațiile moleculelor, așa cum voi demonstra în Anexă, în flagrantă contradicție cu ceea ce este observat de către fiecare student la chimie. Cu toate că Legea Acțiunii Masei a fost descoperită în mod empiric la începutul anilor 1800, deducerea Legii Acțiunii Masei din identitatea fundamentală a tuturor moleculelor de „același tip" – molecule în aceeași stare cuantică – se datorează lui J. Willard Gibbs, care a publicat-o primul în cartea[25] sa din 1902, *Elementary Principles of Statistical Mechanics.* (Gibbs a dedus Legea Acțiunii Masei folosind termodinamica clasică într-un articol[26] din 1875.) Așa cum am discutat mai sus, Gibbs nu a înțeles cauza acestei identități; pentru a o înțelege era nevoie de mecanica cuantică și astfel cauza identității n-a fost înțeleasă până prin 1930. Chiar și în zilele noastre, cele mai multe manuale în care se deduce Legea Acțiunii Masei nu subliniază faptul că această deducere depinde crucial de identitatea sistemelor aflate în aceeași stare cuantică. Orice deducere folosind mecanica statistică trebuie să folosească în mod explicit ipoteza identității sistemelor din aceeași stare cuantică. Din păcate, această ipoteză crucială se face fără nici un comentariu. Așa stând lucrurile, eu am introdus în Anexă deducerea Legii Acțiunii Masei.

Rezumând, mecanica cuantică are un criteriu pentru identitatea sistemelor fizice, iar acest criteriu ne permite nouă – într-adevăr, de multe ori necesar – să identificăm două sisteme care există în același timp. Acest criteriu pentru identitate a fost descoperit mai întâi la sfârșitul secolului al XIX-lea de către doi dintre cei mai mari fizicieni ai acestui secol, iar acest criteriu a fost cunoscut de către toți

fizicienii, de cel puțin cincizeci de ani. Cu timpul, acest criteriu a fost folosit în discuții filosofice despre ceea ce înseamnă identitate. În fizica premergătoare secolului al XIX-lea, pe care Flew o presupune în mod tacit, identitatea a două sisteme care există în același timp era considerată „absurdă". În plus, în viziunea antică despre lume, sistemele care sunt în localizările spațiale diferite sunt, *ipso facto,* entități diferite.

CORABIA LUI THESEU

Modelul clasic pentru această diferențiere este „Corabia lui Theseu".[27] În conformitate cu Plutarch:

> Vasul în care Theseu a navigat și s-a întors în siguranță cu acești tineri bărbați a mers cu treizeci de vâslași. Acesta a fost păstrat de către atenieni până în timpurile lui Demetrius Phalaerus (care a trăit în jurul anului 280 î.Hr.); fiind astfel reparat și proaspăt acoperit cu scândură groasă, acesta a oferit un exemplu pentru filosofi în disputele lor cu privire la identitatea lucrurilor care sunt schimbate prin adaos, unii susținând că el este același, iar alții susținând că nu este.[28]

Filosoful politic englez Thomas Hobbes a folosit Corabia lui Theseu pentru a ataca teoria modelului identității pe care o invoc pentru Teoria Punctului Omega a învierii.

> ... două corpuri care există ambele deodată ar putea fi unul și același corp fizic. De exemplu, dacă în cazul corabiei lui Theseu ținem cont de deosebirea care se realizează prin repararea corabiei scoțând afară scândurile vechi și punând în locul lor altele noi, sofiștii din Atena obișnuiau să se certe, zicând că după ce au fost schimbate toate scândurile s-a

> obținut aceeași corabie, identică cu cea inițială; și dacă vreun om ar fi păstrat vechile scânduri care au fost scoase și, apoi, punându-le împreună în aceeași ordine, a construit din nou o corabie din ele, aceasta din urmă, fără îndoială, este de asemenea aceeași corabie identică cu cea inițială; și astfel ar exista două corăbii, fizic identice, ceea ce este absurd.[29]

Nonidentitatea sistemelor în diferite poziții spațiale nu este adevărată în mecanica cuantică și sistemele reale fizic sunt sisteme cuantice. În particular, o ființă umană este pur și simplu un tip special de sistem cuantic. Astfel, criteriul cuantic pentru identitatea sistemelor poate fi aplicat oamenilor și, prin urmare, doi oameni în aceeași stare cuantică *sunt* aceeași persoană: dacă o „copie" a unei persoane moarte demult a fost făcută să fie identică cu starea cuantică a persoanei moarte demult, „copia" ar putea *fi* acea persoană. („Copia" este în ghilimele deoarece persoana de mai târziu nu este o copie – ea *este* originalul.) A respinge această identitate înseamnă a respinge postulatul de bază al mecanicii cuantice, confirmat de nenumărate experimente făcute pe o durată mai mare de un secol. Astfel, trebuie să acceptăm posibilitatea de a avea „două corăbii aceleași numeric", chiar dacă ea este o idee „absurdă". Știința ne spune mereu că ideile „absurde" sunt de fapt adevărate. Cinci sute de ani în urmă, practic, fiecare admitea ideea că Pământul mișcându-se în jurul Soarelui era o idee absurdă. Părerea lui Flew, conform căreia continuitatea fizică este o condiție necesară pentru identitatea personală, a fost infirmată de mecanica cuantică, la fel cum ideea unui Pământ nemișcat a fost infirmată de mecanica cerească.

Exemplul Corabiei lui Theseu presupune în mod tacit că este posibil, cel puțin în principiu, să se distingă continuu între corabia originală și copia ce urmează a fi fabricată. Aceasta este desigur adevărat în circumstanțele

zilnice, unde cele două corăbii sigur nu sunt în aceeaşi stare cuantică. Este în afara tehnologiei curente să se creeze două corpuri macroscopice care să fie în aceeaşi stare cuantică. Dacă ar fi construită copia Corabiei lui Theseu în viitorul îndepărtat astfel încât, după copiere, să fie două corăbii în aceeaşi stare cuantică, atunci ar fi imposibil, chiar şi în principiu, să spunem care este originalul şi care este copia. Această aserţiune este corolarul Teoremei non-Clonării discutată mai înainte, dacă ar exista o corabie care intră în procesul de copiere cuantică şi două corăbii care ies, ar fi imposibil pentru orice experiment să spună care este originalul (şi nici una dintre cele două corăbii care ies nu ar putea fi în exact aceeaşi stare cuantică cu cea a corabiei originale care a intrat.)

În mod tradiţional, teologia a cerut continuitate în ordinea menţinerii identităţii între original şi persoanele înviate, şi obţinerea acestei continuităţi a fost motivul fundamental pentru a introduce ideea unui suflet nemuritor. Nevoia unei astfel de continuităţi este eludată de mecanica cuantică şi astfel vedem că un suflet nemuritor nu mai este necesar pentru nemurirea individuală.

TEORIA CONTINUITĂŢII: O EMULAŢIE MAI TÂRZIE ESTE IDENTICĂ CU PERSOANA ORIGINALĂ

Oricum, nu cred că cineva trebuie să meargă atât de departe în a reproduce starea cuantică exactă pentru a fi victorios în a învia cu adevărat o persoană moartă. Trebuie ţinut minte că atomii care alcătuiesc corpurile noastre sunt în mod constant schimbaţi cu alţi atomi obţinuţi din mâncare. Mult (dar nu tot) din corpul omenesc este refăcut complet – copiat – în afara cursului vieţilor noastre la fel cum celulele corpului nostru mor şi sunt înlocuite. Această continuă

înlocuire a substanței corpului în timpul vieții a fost cunoscută de secole: d'Aquino a discutat-o odată pe larg în *Summa Contra Gentiles* 4.81ff. Ceva din materialul excretat va fi într-o zi încorporat în corpurile altor oameni şi, dacă atomii individuali ar putea fi distinşi, fiecare dintre noi ar putea fi pus față în față cu problema Corabiei lui Theseu: noi suntem chiar „noi" sau o parte din altcineva? D'Aquino, în pasajul citat mai sus, a fost foarte îngrijorat de canibalism: dacă o „persoană" este definită de atomii lui/ei şi dacă Dumnezeu poate învia oamenii doar redându-le atomii care i-au alcătuit odată, cum ar fi posibil pentru Dumnezeu să învie un om care este un canibal şi ai cărui părinți, bunici etc. au fost canibali, astfel că toți atomii lui au aparținut altcuiva? Pe de altă parte, dacă era logic imposibil să-l învie, cum ar putea fi el pedepsit pentru canibalismul său? Dacă d'Aquino ar fi ştiut măsura reciclării din biosferă, el ar fi fost cu adevărat îngrijorat: atomii individuali fiind discernabili, un calcul simplu arată că trupul oricărei ființe umane de pe pământ ar conține atomi care făceau odată parte din alte ființe umane. Noi am putea fi toți canibali. Problema este rezolvată în cadrul mecanicii cuantice, în care toți atomii aceluiaşi element sunt identici. Nu există nici un mod de a distinge atomii unui canibal de cei ai unei victime.

Chiar considerată pur intern, substanța corpului nostru este continuu înlocuită. La nivel subnuclear, quarkurile şi gluonii care alcătuiesc neutronii şi protonii atomilor din corpurile noastre sunt anihilate şi recreate la o scară de timp mai mică decât 10^{-23} secunde; astfel, noi suntem de fapt anihilați şi reproduşi – înviați – de 10^{23} ori pe secundă în cursul normal al vieților noastre.

Pe scurt, nu este conservată substanța ființelor umane, ci doar modelul. Mai important, modelul însuşi nu este conservat perfect în timpul replicării noastre zilnice. Fenomenul îmbătrânirii este chiar o manifestare a acestui

fapt. Modelul este conservat cât se poate de bine, deoarece în sistemul biologic există mecanisme de feed-back care permit modelului, ca întreg, să acționeze și să corecteze parțial erorile care apar atunci când bucăți ale modelului sunt refăcute. În mod surprinzător, este chiar neplăcut faptul că creierul omului înmagazinează amintirile fiecărui lucru de care acesta își amintește. Știința calculatoarelor[30] prezintă o astfel de înmagazinare ca fiind ineficientă. Ceea ce probabil se întâmplă este faptul că numai o parte a memoriei este stocată, iar chemarea întregii memorii implică contrariul tehnicii de compresie a datelor: memoria este astfel „întrupată". Un astfel de mecanism de stocare este probabilistic; în acest proces pot fi făcute erori, astfel că oameni perfect sănătoși la minte își „amintesc" ocazional evenimente care nu au apărut niciodată.

Această viziune asupra mecanismului de stocare a memoriei – sugerat de știința calculatoarelor – reprezintă consensul crescând printre psihologii care sunt experți în problema modului în care este reprezentată cunoașterea în creierul uman.[31] De fapt, proba pe care o avem ne arată că creierele noastre nu stochează o reprezentare fidelă a unei experiențe. Nici ele nu stochează o interpretare exactă și completă a unei experiențe. Ele stochează mai degrabă doar fragmente ale interpretării unei experiențe.

Cât timp nici o substanță, ci doar o parte a modelului este conservată în mod continuu, chiar în cursul vieților noastre normale, Obiecția Copiei a lui Flew va fi întâlnită chiar și într-o viziune clasică despre lume cu condiția ca suficient din model să fie conservat în mod continuu – sub o anumită formă – din ziua morții până la ziua învierii și să facă astfel posibil Punctul Omega, folosind această informație conservată și corecția erorii prin feed-back, să copieze individul original mort demult până la o precizie egală cu precizia copiei care apare în cursul vieții noastre

cotidiene. Am arătat că acest grad de conservare a informației apare în Teoria Punctului Omega a învierii. Deci, dacă spațiul-timp este global hiperbolic, atunci *întregul* model este conservat în conul luminos trecut al oricărui eveniment suficient de apropiat de Punctul Omega și, prin urmare, modelul total este disponibil în viitorul îndepărtat pentru generarea și animarea unui corp simulat. Dacă se acceptă identitatea efectuată în capitolul 2 între „suflet" și un program particular de calculator sau model, am putea interpreta această conservare a modelului ca fiind „nemurirea sufletului". Dar ar trebui să ținem cont de faptul că această „nemurire" a modelului este chiar o manifestare a conservării informației în sistemele fizice deterministe: „sufletul" nu gândește și nu simte câtă vreme el este într-o formă neîntrupată dintr-un con luminos. Pe de altă parte, dacă mecanica cuantică (sau vreun alt mecanism) distruge hiperbolicitatea globală sau chiar anihilează toată informația despre anumiți indivizi, atunci chiar și numai conservarea continuă a ADN-ului ca substrat biologic este suficientă să învie stările cuantice identice ale tuturor oamenilor morți. Deci, în oricare dintre cazuri există (suficientă) continuitate a modelului între prezent și viitorul îndepărtat.

Flew citează un număr de pasaje din autorități religioase de faimă în sprijinul Obiecției Copiei, dar, cu excepția cazurilor când acești oameni au fost evident influențați de dualismul platonic (sau de nevoia simțită de a conserva continuitatea), eu cred că aceste pasaje sprijină ideea că învierea copiei reprezintă în general ceea ce este așteptat în tradiția iudeo-creștină-islamică. Voi discuta acest lucru mai în detaliu în capitolul 9. Argumentele lui Flew mă miră la fel ca un simplu joc de cuvinte fără înțeles, iar ele îmi amintesc de Anexa IV – numită „Despre unele dispute verbale" – din cartea lui Hume, *An Enquiry Concerning the Principles of Morals:* „Nimic nu este mai util pentru filosofi decât să

încalce teritoriul gramaticienilor; şi să se angajeze în dispute despre cuvinte, în timp ce îşi imaginează că mânuiesc controversele de cea mai profundă importanţă".[32]

Cu toate acestea, pentru a-i da credit lui Flew, el a descris Obiecţia Copiei atunci când a participat la Colocviul din Tulane asupra Punctului Omega, în toamna anului 1990. El a spus că, dacă ar putea fi într-adevăr arătat că emularea unei persoane în viaţă astăzi ar putea şi ar fi făcută în computerele viitorului îndepărtat, atunci, deşi folosirea actuală a cuvântului „persoană" nu ar permite persoanei ce trăieşte astăzi să fie identificată cu emulaţia lui/ei din viitorul îndepărtat, totuşi ar fi rezonabil – când avem de a face cu un fapt şi nu doar cu un caz filosofic de puzzle – să se extindă înţelesul cuvântului „persoană", astfel încât emulaţia şi fiinţa umană care trăieşte astăzi ar fi denumite prin aceeaşi „persoană". El a folosit[33] un exemplu din cursurile sale Gifford, în care un tribunal din Anglia a fost chemat cândva să hotărască dacă un hidroavion – o „barcă zburătoare" – este un „vapor" şi să fie reglementat de o lege trecută prin Parlamentul din timpul Elisabetei I. Tribunalul a decis că da, chiar dacă totuşi avioanele erau dispozitive total în afara înţelegerii parlamentarilor elisabetani şi, deci, *nici* un exemplu dintre acelea nu ar fi fost dat dacă ar fi fost cerută pentru o descriere a unui „vapor". Flew a spus că, confruntat cu faptul real al copiilor perfect identice ale aceleiaşi persoane, înţelesul cuvântului „persoană" ar trebui neapărat să fie modificat dincolo de uzanţa sa actuală, iar identificarea pe care o propun mai sus – identificarea emulaţiei cu persoana care trăieşte astăzi – ar fi, în aceste condiţii, modificarea cea mai rezonabilă. Ar urma, a spus Flew, că în aceste condiţii ar fi rezonabil pentru un om viu astăzi să se identifice emoţional cu emulaţia din viitorul îndepărtat, în aceeaşi măsură în care el/ea se identifică emoţional cu persoana care va exista mâine şi care este legată în mod continuu (cu menţiunea de mai sus) de persoana de astăzi.

Cu alte cuvinte, dacă poate fi arătat ca un fapt fizic că emulația ta va fi creată în viitorul îndepărtat, pentru a trăi în ceruri pentru totdeauna, tu ar trebui să fii liniştit pentru aceleaşi motive pentru care ai fi neliniştit dacă un medic ți-a spus că ai cancer în ultima fază şi mai ai doar şase luni de trăit. În ambele cazuri, eşti *tu,* şi nu o simplă copie, care se îndreaptă spre nemurire sau, respectiv, moarte.

Flew spune că el nu crede că tehnologia va permite într-o zi învierea computerizată, dar mie mi se pare că el a admis principalul punct, şi anume că Obiecția Copiei nu reprezintă o barieră logică absolută a învierii, ci doar o barieră tehnologică. Flew a acceptat faptul că problema dacă noi putem să aşteptăm învierea către o viață veşnică este acum doar o pură problemă de fizică.

Mulți oameni sunt împotriva teoriei modelului identității, subliniind că noi putem distinge între un tablou original al unui artist celebru şi o copie a acestui tablou. De exemplu, un original pictat de Vincent van Gogh a fost vândut, la sfârşitul anului 1980, pentru aproape 100 milioane de dolari, în timp ce oricine poate cumpăra o copie a aceleiaşi picturi pentru suma modică de 10 dolari şi o reproducere a aceleiaşi picturi, efectuată tuşă cu tuşă de un artist modern, pentru aproape 5.000 de dolari.

Acest argument scapă din vedere faptul că este uşor pentru noi să distingem între original şi copie. Din această perspectivă, ar trebui să observăm că, în general, cea mai exactă reproducere vizuală a unei scene, şi anume un bun negativ fotografic color de 35 mm, codifică 300 milioane (3×10^8) biți de informație.[34] Dar, aşa cum am subliniat mai sus, Limita Bekenstein arată că pentru a reproduce o ființă umană până la starea cuantică ar fi nevoie de 3×10^{45} biți de informație, un număr care este de 10^{37} ori mai mare. Întregul produs economic al lumii este de circa 10^{14} dolari, raportul dintre acest produs şi un singur penny, cea mai mică monedă

din Statele Unite, este doar 10^{16}. Astfel, „reproducerea" unei ființe umane, pe care o propun aici, este reproducerea cu o precizie care este dincolo de experiența oricărei ființe umane. Această „reproducere" poate fi dusă până la capăt numai de Punctul Omega. Putem folosi legile fizicii pentru a demonstra că această „reproduce" poate fi de fapt dusă până la capăt în viitorul îndepărtat, dar va fi întotdeauna dincolo de simpla putere umană de a o realiza. Astfel, argumentul „picturii originale", care reliefează o experiență umană comună, este inaplicabil pentru duplicarea cuantică a oamenilor, care va fi dusă până la capăt de Punctul Omega. Având toți banii din lume pentru a-i cheltui constituie o experiență total diferită de cea având doar banii dintr-un buzunar. Nu puteți compara primul caz cu ultimul.

ce se întâmplă după înviere: rai, iad şi purgatoriu

Ar trebui să subliniez faptul că această emulare a oamenilor ce au trăit în trecut nu trebuie să se limiteze în doar a repeta trecutul. Odată ce o emulaţie a unei persoane şi a lumii lui/ei a fost formată într-un calculator de capacitate suficientă, ea îşi poate permite să se producă mai târziu – să gândească şi să simtă lucruri pe care persoana originală, moartă demult, fiind emulată nu le poate simţi şi gândi. Nu este chiar necesar ca *orice* din trecut să se repete. Punctul Omega (în una dintre stările Sale intermediare temporal imanente; această calificare va fi omisă de aici încolo pentru uşurinţa citirii) ar putea începe simplu emularea cu memoria creierului persoanei moarte, aşa cum era în clipa morţii (sau cu zece ani înainte, sau douăzeci de minute înainte, sau...), implantată în corpul emulat al persoanei moarte, corpul fiind cum era la douăzeci de ani (sau şaptezeci de ani, sau...). Acest ansamblu corp–memorie ar putea fi aşezat în orice cadru de fond dorit de Punctul Omega: o lume simulată indiscernabil dintr-o societate de mult timp dispărută şi universul fizic al persoanei moarte readuse la viaţă, sau chiar o lume care nu a existat niciodată, dar una cât se poate de aproape logic posibil de lumea *fantastică* ideală a persoanei

înviate. Pe deasupra, toate combinațiile posibile de a învia morții pot fi plasate în aceeași simulare și li se permite să interacționeze. De exemplu, cititorul ar putea fi situat într-o simulare cu *toți* strămoșii și urmașii lui/ei, fiecare având orice vârstă (fizic și mental, separat) dorește Punctul Omega. Punctul Omega însuși ar putea interacționa – vorbit, povestit – cu creaturile Lui/Ei emulate, care ar putea învăța despre El/Ea, despre lumea din afara simulării și despre alte simulări, de la El/Ea.

Corpul simulat ar putea fi unul care a fost în mare parte îmbunătățit față de cel pe care îl avem în mod curent: legile lumii simulate ar putea fi modificate pentru a preveni o a doua moarte fizică. Împrumutând terminologia Sfântului Pavel, putem numi corpul simulat îmbunătățit și nemuritor un „corp spiritual", deoarece va fi din același „material" ca mintea noastră de acum: un „gând într-o minte" (în limbajul aristotelic – „o formă într-o formă", în limbajul calculatoarelor – o mașină virtuală într-o mașină). Corpul spiritual este astfel chiar corpul prezent (cu improvizații!) la un înalt nivel de implementare, un concept pe care l-am discutat în capitolul 2. Cu această frazare, descrierea Sfântului Pavel este complet exactă: „Și astfel este învierea din morți. Ea este însămânțată în putreziciune; se înalță în cinste: ea este semănată în dezonoare; se înalță în glorie: ea este semănată în slăbiciune; se înalță în putere: ea este semănată într-un corp natural; se înalță într-un corp spiritual..." (I Corinteni 15:42-44 KJV). Doar ca un corp spiritual, doar ca o emulație pe calculator, este posibilă învierea fără o a doua moarte: corpurile noastre curente, implementate în materie, nu ar avea posibilitatea să supraviețuiască la căldura extremă din apropierea singularității finale. Din nou, cuvintele Sfântului Pavel sunt descriptive: „... carnea și sângele nu pot moșteni împărăția lui Dumnezeu..." (I Corinteni 15:50, KJV).

Cu toate acestea, este potrivit să privim învierea emulației pe computer ca fiind o „înviere a cărnii" (în

cuvintele Crezului Apostolilor). Dacă o persoană emulată s-ar observa ca fiind una reală şi ca având un corp cât de cât solid, corpul pe care-l are este ceea ce observăm noi înşine în mod curent. Nu ar fi nimic „fantomatic" în ce priveşte corpul simulat şi nimic insubstanţial în ce priveşte lumea simulată în care corpul simulat se găseşte. În cuvintele lui Tertullian, unul dintre teologii creştinismului timpuriu (155–220 d.Hr.), corpul simulat ar fi „... această carne, înecată în sânge, construită cu oase, întreţesută cu nervi, împletită cu vene, (o carne) care ... [este] ... indubitabil omenească".[1]

Am spus mai sus că învierea corpului ar putea fi în mare măsură îmbunătăţită în afara corpurilor noastre curente. Îmbunătăţirile evidente ar putea însemna repararea tuturor deficitelor corpului, cum ar fi lipsa unui membru, tinereţe pentru bătrâneţe etc. Oricum, dacă defectul care trebuie să fie corectat este legat *în mod necesar* de personalitate, astfel încât orice corecţie ar determina în mod logic schimbări drastice în personalitate, atunci o corecţie fără primejdie pentru individul înviat ar fi logic imposibilă. Deci, o astfel de corecţie nu poate fi efectuată de Punctul Omega.

De exemplu, au fost cazuri certe de oameni orbi din naştere care au fost complet vindecaţi printr-o operaţie la maturitate.[2] Ochii au fost astfel reparaţi, dar creierul – personalitatea – nu a învăţat niciodată să prelucreze informaţia venită de la ochi. Pacientul găseşte experienţa primei clipiri cu ochii reparaţi ca fiind dureroasă: el nu vede nimic decât o mulţime de lumini şi culori înţepătoare şi este complet incapabil să recunoască cu vederea obiectele familiare. Sunt necesari *ani* de efort pentru a fi capabili să îşi folosească vederea. Un om i-a arătat o portocală, după o săptămână, după ce vederea i-a fost reparată, şi a fost întrebat „Ce formă are?". El a răspuns „Lasă-mă să o ating, şi îţi voi spune!". După ce a făcut aşa, a răspuns că este o portocală rotundă.

După ce s-a holbat la ea mai mult timp, a spus „Da, văd că e rotundă." I-au fost arătate apoi un pătrat şi un triunghi albastre, iar el le-a descris pe amândouă ca fiind albastre şi rotunde. Când doctorul i-a pus în evidenţă unghiurile, el a răspuns „Ah. Da, acum înţeleg, cineva poate *vedea* ceea ce simte cu mâinile."

Pacientul se simte adesea obosit învăţând să îşi folosească simţul vizual şi ar putea refuza să facă acest lucru doar dacă nu este forţat să-l facă. Durează cel puţin o lună de muncă pentru a fi capabil să distingă chiar şi câteva obiecte. Dar astfel de oameni pot învăţa gradat. După câţiva ani, mulţi sunt capabili să citească.

Pentru astfel de oameni orbi, întreaga personalitate a fost construită în jurul auzului şi simţului tactil. Personalitatea trebuie să fie schimbată radical dacă i se adaugă simţul vizual. Dacă schimbarea este făcută în momentul învierii, nu persoana originală este cea care este înviată. Dar Punctul Omega ar putea face tot ce este logic posibil în acest caz. De exemplu, El/Ea ar putea repara defectul ochilor şi ar putea face ca persoana oarbă să vadă, cu mult mai mare eficienţă decât ar face-o doctorii. (Persoanele oarbe la maturitate şi-ar putea regăsi vederea în acelaşi timp cu învierea lor, deoarece integrarea mental vizuală este deja acolo.)

Acelaşi lucru se aplică oamenilor care s-au născut cu defecte mult mai importante, cum ar fi sindromul lui Down.

Învierea corpului simulată pe calculator ar avea în mod natural trei trăsături supraomeneşti, cum a avut şi învierea corpului lui Iisus descrisă de Luca. Mai întâi, apariţia fizică a corpului simulat pe calculator ar putea fi aşezată către Punctul Omega pentru a fi uşor de modificat la dorinţa persoanei înviate. În Luca 24: 16 şi 31, discipolii lui Iisus nu l-au recunoscut până când nu a dorit-o el. În al doilea rând, persoana simulată poate fi ştearsă dintr-o parte a universului ei simulat şi instantaneu implantată în altă

parte. În Luca 24:31, Iisus a dispărut în clipa în care discipolii l-au recunoscut. Mai departe, în Luca 24:36, Iisus a apărut (apariție instantanee) într-o cameră în care discipolii săi discutau despre învierea sa. (În Ioan 20:26 [NEB] se pretinde că această apariție a avut loc într-o cameră încuiată.) În al treilea rând, cum am discutat mai sus, corpul simulat este tot atât de real ca orice altceva din simulare: în particular, el poate mânca; el poate atinge şi poate fi atins de orice din lumea simulată în care el există. În Luca 24:39-43, Iisus respinge frica discipolilor săi cum că el este o fantomă, permițându-le să-l atingă şi mâncând peşte în prezența lor.[3]

Deşi învierea simulată pe calculator întrece barierele fizice către viața eternă a ființelor umane individuale, rămâne o problemă logică, şi anume finitudinea memoriei umane. Aşa cum am menționat mai sus, creierul uman poate stoca doar în jur de 10^{15} biți (aceasta corespunde aproximativ la o mie de ani subiectivi de viață) şi, odată ce spațiul memoriei este epuizat, nu-l mai putem creşte. Astfel, nu este clar că viața veşnică de după înviere este potrivit considerată ca fiind „eternă". Sunt mai multe păreri: Punctul Omega ne-ar putea permite să unim personalitățile noastre individuale – descărcăm personalitățile noastre în afara simulării într-un nivel mai înalt al implementării – într-o minte universală care este al Lui/Ei. Sau, Punctul Omega ar putea spori indefinit capacitatea de stocare a memoriei noastre dincolo de 10^{15} biți în timp ce ne păstrăm individualitatea noastră, şi chiar în timp ce ne păstrăm mărimea şi forma corpului nostru actual. (Nu există niciun motiv pentru care memoriile simulării trebuie să fie stocate în creierele simulării.) Sau, Punctul Omega ne-ar putea conduce către o „perfecțiune" a naturii noastre finite. Orice înseamnă „perfecțiunea" – depinzând de definiție, ar putea exista mai multe „perfecțiuni". Cu un calculator de putere suficientă, ar putea fi posibil să calculăm ce acțiune umană ar rezulta în afara simulării

efective care experimentează acțiunea, astfel Punctul Omega ar putea fi capabil să ne sfătuiască asupra perfecționărilor posibile fără să fie nevoie să trecem prin experiența și procedura eronată caracteristice acestei vieți. Dacă este făcută mai mult de o simulare a aceluiași individ, atunci *toate* aceste opțiuni ar putea fi realizate simultan. Odată ce un individ este „perfectat", memoria acestui individ perfect ar putea fi înregistrată permanent – conservată pe tot drumul către Punctul Omega în transcendența Lui. Erorile și păcatul comise de individul imperfect ar putea fi șterse din mintea universală (sau înregistrate permanent). Personalitatea individuală perfectă ar putea fi cu adevărat eternă: ea ar exista pentru tot timpul viitor. În plus, când personalitatea perfectă atinge Punctul Omega în transcendența Sa, ea devine eternă în sensul de a fi dincolo de timp, fiind cu adevărat una cu Dumnezeu. Termenul natural pentru a descrie această imortalitate perfectată este „viziunea fericirii".

Motive pentru a crede că Punctul Omega ne va învia către viața veșnică

Ce se întâmplă cu mortul înviat depinde în întregime de Punctul Omega; nu există niciun mod ca simulările să poată plăti sau forța imortalitatea care stă doar în puterea Punctul Omega să fie acordată. Dar supraviețuirea continuă în apropierea stării finale va cere mai multă și mai multă cooperare, și noi știm că, în general, cooperarea este asociată cu altruismul. În plus, dacă învierea a întârziat suficient de mult, atunci resursele relative ale calculatorului, cerute de înviere, conduc toată omenirea către viziunea fericirii și conservă cu multă grijă indivizii perfectați pentru totdeauna. Deoarece costul facerii de bine nu este semnificativ mai

mare decât costul facerii de rău, cred că putem calcula în mod rezonabil pe primul, mai ales dacă Persoana care face alegerea este în mod fundamental bună. Adoptând termenul teologic obişnuit, cred că vom primi „grație".

Cu ajutorul teoriei jocurilor[4] şi cu o întreagă parte a economiei moderne – microeconomia[5] – argumentul de mai sus poate fi făcut mai precis. Axelrod[6] şi mai recent Nowak şi Sigmund[7] au arătat că, dacă valoarea prezentă a viitorului este suficient de mare şi probabilitatea interacțiunilor viitoare dintre doi indivizi este suficient de aproape de 1, atunci în medie un individ poate cel mai bine avansa interesele lui egoiste prin adoptarea unei strategii de altruism „ieftin" față de ceilalți indivizi. El poate maximiza cel mai bine propria sa utilitate dacă foloseşte strategia „presupune că alți indivizi sunt pe cale să te trateze aşa cum ți-ar plăcea să fi tratat şi tratează un individ ca pe un duşman doar dacă în trecutul anterior ai fost tratat ca atare". Axelrod punctează faptul că această strategie este mai eficient implementată dacă un individ adoptă, de asemenea, o strategie de comportament „altruist" față de ceilalți indivizi şi dacă prețul unui astfel de „altruism" este suficient de mic. „Altruismul" persoanei A față de persoana B a fost definit în mod precis de către Gary Becker[8] – în lucrarea cu care a câştigat premiul Nobel pentru economie în 1992 – prin două condiții pe care trebuie să le îndeplinească „funcția de utilitate" a persoanei A. (O „funcție de utilitate" măsoară cât de mult o persoană valorifică ceva.) Prima condiție spune că A priveşte bunăstarea lui B (ca fiind apreciată de B) ca un ultim sfârşit, iar a doua condiție spune că A este făcut mai fericit (utilitatea lui A este crescută) pur şi simplu prin faptul că B este mai fericit (utilitatea lui B fiind sporită).[9] Cea mai bună introducere disponibilă la lucrarea lui Becker despre altruism este în manualul lui David Friedman, *Price Theory*.[10]

Acum, indivizii din viitorul îndepărtat (sau subprogramele conştient individualizate ale Minții Universale)

vor fi ori nemuritori ei înşişi, ori se vor aştepta să fie înviaţi, şi, în plus, dispariţia orizonturilor va însemna că toţi indivizii se vor aştepta să interacţioneze, cel puţin indirect, cu toţi ceilalţi indivizi de un infinit număr de ori. Astfel, ne-am aştepta ca valoarea prezentă a viitorului să fie ridicată şi probabilitatea interacţiei viitoare să fie foarte aproape de 1. Deci, o strategie a altruismului „ieftin" va fi probabil adoptată de indivizii viitorului îndepărtat. Cum am arătat mai sus, doar motivele egoiste – cercetarea istorică fiind o parte a drumului către ştiinţa totală, care este necesară pentru continuarea supravieţuirii – implică faptul că oamenii probabil vor fi înviaţi. Odată înviaţi, altruismul ieftin îi va ţine probabil în viaţă pentru totdeauna. Simpla ştergere din memoria calculatorului a mortului înviat nu ar putea fi consistentă cu strategia supravieţuirii optime a vieţii în viitorul îndepărtat.

Becker a arătat că definiţia de mai sus a „altruismului" este, de asemenea, o definire a ceea ce se înţelege prin „Persoana A iubeşte persoana B". Reţineţi că aceasta este un fel de dragoste altruistă, aşa cum este „dragostea" în sensul grecesc al cuvântului *agape* (ἀγάπη). (Există trei cuvinte pentru „dragoste" în greceşte: *eros,* dragoste sexuală; *philia,* prietenie şi *agape.* Când Noul Testament se referă la „dragostea" lui Dumnezeu pentru omenire, este întotdeauna folosit cuvântul *agape.*) Deci, analizele de mai sus pot fi reformulate spunând că toţi oamenii vor fi înviaţi către viaţa veşnică pentru că Dumnezeu ne iubeşte. Deci, motivaţia pentru obţinerea vieţii veşnice în Teoria Punctul Omega este exact aceeaşi cu cea din tradiţia iudeo-creştină-islamică: dragostea altruistă (ἀγάπη) a lui Dumnezeu. Argumentul de mai sus pentru obţinerea nemuririi nu este riguros, dar constituie un argument riguros complet pentru opusul său: dacă *suntem* dăruiţi cu nemurire, acest fapt se va datora dragostei Punctului Omega pentru noi. Astfel, în Teoria Punctul Omega, dragostea lui Dumnezeu intră într-un mod esenţial în mecanismul învierii şi nemuririi. Aceasta este

adevărată pentru prima teorie fizică. În teoriile de mai înainte, pe bună dreptate, sufletul era nemuritor; dragostea lui Dumnezeu era cu adevărat întâmplătoare. Teoria Punctul Omega are prima teorie a învierii fizice complet consistentă cu teoria învierii creştine. Ea este, de asemenea, prima teorie a izbăvirii, justificată de raţiune, nu de încredere.

În cartea sa, *On the Immortality of the Soul,* David Hume a ridicat următoarea obiecţie la ideea unei învieri generale a moţilor: „Ca să dispui de un număr infinit de existenţe postume ar însemna să te opui teoriei religioase".[12] Hume a rezumat argumentaţia sa într-un interviu de mai târziu cu celebrul biograf James Boswell: „... [Hume] a adăugat că este de domeniul fanteziei faptul că sufletul ar trebui să existe veşnic. Acea nemurire, dacă există cu adevărat, trebuie să fie generală; că o mare parte a rasei umane are cu greu ceva calităţi intelectuale; că o mare parte moare în copilărie, înainte să posede raţiune; că un hamal care se îmbată până la ora zece cu gin trebuie să fie nemuritor; că prostia fiecărei vârste trebuie să fie conservată; totuşi, toate acestea trebuie să fie nemuritoare şi că trebuie să fie create noi Universuri pentru a conţine astfel de numere infinite".[13]

Numărul mereu crescând al oamenilor pe care Hume i-a luat drept proşti ar putea fi totuşi conservat pentru totdeauna în singurul nostru univers finit (clasic), dacă este creată destul de repede capacitatea calculatorului. Privind cu mai multă atenţie la calculele din *Anexa pentru oamenii de ştiinţă*, se vede că ei au arătat, de asemenea, că este fizic posibil să salveze pentru *totdeauna* un procentaj constant sigur din informaţia procesată la un timp universal dat. Astfel, capacitatea calculatorului va fi acolo să conserve chiar şi hamalii beţi (şi hamalii beţi perfecţionaţi) prevăzuţi doar pentru că Punctul Omega aşteaptă de mult timp să-i învie. Chiar dacă capacitatea cerută a calculatorului pentru simularea perfectă este exponenţial legată de complexitatea

entității simulate, este fizic posibil a se învia o reală infinitate de indivizi, între acum şi Punctul Omega, chiar presupunând că la atingerea Punctului Omega complexitatea mediei individuale este divergentă, îndrumându-i pe *toți* către perfecțiune. Perfecțiunea totală a tuturor ar putea fi atinsă la momentul Punctului Omega.

În cele din urmă, îndrumarea unui număr infinit de oameni (oameni infinit de complecşi, în limita Punctului Omega) către perfecțiune depinde într-un mod crucial de faptul că va exista o reală infinitate[14] a informației procesate dintre orice moment de timp finit şi Punctul Omega. Un exemplu este ceea ce Bertrand Russell a numit[15] paradoxul Tristram Shandy. Lui Tristram Shandy i-a luat doi ani ca să scrie istoria primelor două zile din viața lui, şi se plângea că, la vremea aceea, materialul se acumula mai repede decât putea el scrie. Russell a arătat că, dacă Tristram Shandy ar fi trăit veşnic, nicio parte din biografia sa nu ar fi rămas nescrisă. În cazul Punctului Omega, care pur şi simplu trăieşte veşnic, toate ființele care au trăit vreodată şi care vor trăi de acum până la sfârşitul timpului pot fi înviate, chiar dacă timpul necesar pentru a face învierea va creşte exponențial, un caz cu mult mai rău decât cel prezentat de Tristram Shandy. Este important că, la orice timp dat pe o traiectorie de fază, există doar un număr finit de ființe posibile care ar putea exista. Dacă nu ar fi adevărat, atunci numărul ființelor care urmează să fie înviate între acum şi starea finală trebuie să fie seria puterilor lui $\aleph_0$, care este infinitatea tuturor numerelor. Dacă seria puterilor lui $\aleph_0$ este un ordin mai mare a infinității decât $\aleph_0$, şi astfel, învierea tuturor ființelor posibile ar putea fi imposibilă, pentru că doar $\aleph_0$ biți pot fi înregistrați între acum şi starea finală.

Hotelul Hilbert – numit după numele matematicianului german David Hilbert, de la începutul secolului XX – este un excelent exemplu de putere a unei infinități reale.

Hotelul Hilbert are un număr infinit de camere, toate fiind pline. O persoană vine şi cere o cameră. „Da, sigur că avem", spune recepţionerul. „Voi muta persoana din camera 1 în camera 2, persoana din camera 2 în camera 3 şi aşa mai departe, şi astfel voi elibera camera 1 pentru dumneavoastră."

Apoi, 100 de persoane sosesc şi cer camere. „Da, sigur că avem", spune recepţionerul. „Voi muta pe fiecare în camera care are numărul ei curent plus 100 şi astfel vă voi elibera primele 100 de camere pentru dumneavoastră."

Apoi, *un număr infinit* de noi persoane sosesc şi cer camere. „Da, sigur că avem", spune recepţionerul. „Voi muta persoana din camera 1 în camera 2, persoana din camera 2 în camera 4, persoana din camera 3 în camera 6 şi aşa mai departe. Şi voi elibera camerele din hotel numerotate impar pentru dumneavoastră. Există o infinitate de camere numerotate impar, aşa că fiecare dintre dumneavoastră va avea o cameră."

Sunt destule camere în viitor pentru numărul infinit de indivizi înviaţi.

Dacă puterea calculatorului va exista pentru a învia nu numai toate fiinţele umane, dar, de asemenea, şi toţi gândacii, toate muştele şi toate celelalte vieţuitoare care au existat vreodată pe Pământ, există vreun motiv să ne aşteptăm că oamenii vor fi preferaţi tuturor celorlalte creaturi? Aceleaşi motive pentru învierea oamenilor se aplică şi acestor creaturi; întrucât în viitorul îndepărtat ele vor fi, de asemenea, parte din trecutul ce conduce către viitor. Dar nu există nicio motivaţie pentru a acorda acestor creaturi viaţa veşnică. Există o diferenţă fundamentală între oameni şi toate celelalte creaturi care au existat vreodată, şi anume aceea că programul calculatorului, care este sufletul uman, este o potenţială maşină Turing universală autoprogramabilă: un program care este capabil să dezvolte subprograme ce pot rezolva *orice* problemă rezolvabilă dacă i se dă destul timp şi destulă capacitate de memorie. (Spun „potenţială",

pentru că o maşină Turing universală adevărată necesită o memorie nelimitată, pe care noi, în corpurile dinainte de înviere, nu o avem.) După câte ştim, nicio creatură nu a apărut vreodată pe Pământ cu o capacitate similară. Pentru acest motiv ar fi de neînţeles acordarea vieţii veşnice celorlalte creaturi: ele sunt fundamental maşini cu stări finite şi, mărind capacitatea de memorare, nu putem schimba acest lucru. Adăugându-le memorie le-am închide pur şi simplu într-o eternă reîntoarcere. Programele lor fundamentale nu pot fi extinse pentru a deveni maşini Turing universale autoprogramabile fără schimbarea esenţei programelor lor. Dacă Punctul Omega în transcendenţa Sa este, în esenţă, o maşină Turing universală autoprogramabilă, cu o memorie practic infinită, se poate spune că oamenii se aseamănă cu Dumnezeu în esenţa Lui/Ei, ceea ce nu se poate spune despre orice altă vieţuitoare care a apărut vreodată pe Pământ. În sens adânc, exprimarea biblică este corectă: noi oamenii am fost creaţi în imaginea lui Dumnezeu şi nicio altă formă de viaţă nu a mai fost astfel creată. Această afirmaţie a unicităţii lui *Homo sapiens* printre formele de viaţă create să dureze este fundamental aceeaşi cu cea care susţine importanţa omului formulată în iudaism, creştinism, islamism, în religiile Bantu, Maya, Zuñi, Iroquois, ale Egiptului antic şi Chinei antice.[16]

Aş putea desigur să greşesc în ceea ce priveşte unicitatea fiinţelor umane. Noi, fiinţele umane, nu suntem probabil unici în ceea ce priveşte cunoştinţele noastre despre moartea viitoare. S-a observat că elefanţii, revenind la oasele altor elefanţi, le mângâie şi le îngroapă. Elefanţii nu acţionează în această manieră atunci când întâlnesc oasele oricărui alt animal, sugerând că ei realizează că aceste oase sunt o „formă" a elefantului. Înmormântarea poate chiar indica un ajutor pentru o viaţă viitoare. Cu siguranţă antropologii interpretează înmormântările celor din aceeaşi specie

cu omul de Neanderthal ca indicând o astfel de credință. De asemenea, se poate ca animale cum ar fi cimpanzeii – o specie soră cu a noastră: cimpanzeii și oamenii au avut un strămoș comun în urmă doar cu 5 milioane de ani – să fie și ele potențiale mașini Turing universale autoprogramabile.

Dacă este așa, astfel de „animale" vor fi de asemenea înviate și dăruite cu viața eternă pentru aceleași motive pentru care și noi vom fi. Ființele din viitorul îndepărtat care fac învierea vor cunoaște capacitatea creaturilor înviate. Ele, și nu eu, vor lua deciziile în problema cine va primi viața eternă. Argumentul meu, că ființele umane, cel puțin, vor primi viața eternă, depinde doar de faptul că noi suntem mașini Turing universale autoprogramabile. Argumentul meu nu depinde de unicitatea omului; într-adevăr, se presupune că descendenții mașinii noastre vor fi de asemenea mașini Turing universale autoprogramabile. De asemenea, animalele, cum ar fi cele domestice îndrăgite de oameni, vor fi și ele înviate, deoarece stăpânii lor umani le doresc, chiar dacă acestea se întâmplă să nu fie potențiale mașini Turing universale autoprogramabile.

Existența și natura Iadului și Purgatoriului

Desigur, este posibil ca un individ înviat să nu țină cont de sfatul Punctului Omega în ceea ce privește îndreptarea personală. Să spunem că individul poate prefera să continue comiterea de acte ticăloase împotriva altor oameni. Punctul Omega nu va permite aceasta, deoarece ar contraveni dragostei pe care El/Ea o poartă creaturilor simulate. Astfel, Punctul Omega are câteva opțiuni. Prima, dacă El/Ea este convins că individul înviat este un păcătos irecuperabil,

atunci El/Ea pur şi simplu nu-l va învia pe individul păcătos. Pentru un astfel de individ moartea ar putea fi permanentă. (Unii teologi au definit „Iadul" ca fiind această situaţie a morţii permanente.) A doua, Punctul Omega ar putea calcula că este posibil să îndrume omul ticăloşit către perfecţiune – sau cel puţin să elimine relele serioase cu adevărat – înainte ca memoria umană naturală stocată să fie umplută. Dacă Punctul Omega alege această opţiune, atunci locuinţa individului ticăloşit s-ar putea numi „Purgatoriu". Dacă creierul uman poate stoca în jur de 10^{15} biţi şi dacă la orice moment de timp dat Punctul Omega ştie orice lucru care s-a întâmplat în simularea individului înviat, aceasta înseamnă că interacţia Punctului Omega cu individul ticăloşit este ceea ce teoreticienii jocului numesc un „joc finit în doi de sumă nulă cu informaţie perfectă". („Joc în doi de sumă nulă" înseamnă că există doi jucători diametral opuşi, în care ceea ce câştigă unul pierde celălalt. „Informaţie perfectă" înseamnă că un jucător este întotdeauna informat despre istoria completă a jocului. Şahul este cel mai familiar exemplu al unui joc în doi de sumă nulă cu informaţie perfectă.) Acum, von Neumann şi Morgenstern au arătat[17] că un astfel de joc poate întotdeauna fi rezolvat de o strategie perfectă fără întâmplare. („Strategie perfectă" înseamnă un set complet de instrucţiuni date înaintea începerii jocului, care specifică exact ce mişcare trebuie făcută pentru fiecare situaţie posibilă în care jucătorul trebuie să facă o alegere.) În cazul şahului, teorema von Neumann–Morgenstern înseamnă că doar una dintre următoarele trei alternative se susţine: (1) albul are o strategie perfectă ca să câştige, nu contează ce face negrul; (2) negrul are o strategie perfectă ca să câştige, nu contează ce face albul; (3) ambii jucători au strategii perfecte ca să asigure cel puţin o remiză, nu contează ce face celălalt. Motivul principal pentru care există o astfel de strategie perfectă este că există, prin definiţie, doar

un număr finit de paşi în joc şi doar un număr finit de mişcări la fiecare pas. Deci, există doar un număr finit de jocuri posibile din punct de vedere logic, şi este în principiu posibil să analizezi toate ultimele mişcări posibile şi să te întorci la o mişcare sau un set de mişcări încă de la primul pas care îţi va garanta o victorie sau o remiză pentru alb sau negru. Ideea este esenţial aceeaşi cu cea a învierii forţei brute. Numărul alternativelor care ar putea fi investigate este enorm şi astfel teoria jocurilor nu ne poate spune acum care dintre cele trei alternative de mai sus reprezintă cazul efectiv, dar este logic necesar ca una din trei să se susţină.

Teorema von Neumann–Morgenstern este mai uşor de înţeles dacă o privim aplicată la un mult mai simplu joc finit cu informaţie perfectă decât şahul, un joc familiar tuturor copiilor din lumea întreagă, şi anume tic-tac-toe (numit în Anglia „zerouri şi cruci"). În acest caz există doar un mic număr de jocuri posibile, mai puţin de 362 880 (= 9!, care este 9×8×7×6×5×4×3×2×1), deci este posibil de dovedit ca şi teoremă matematică, pe care fiecare copil o va descoperi curând, că cel ce se aplică este cazul (3): ambii jucători au strategii perfecte care să asigure cel puţin o remiză, nu contează ce face celălalt.[18] Un tabel complet cu aceste strategii perfecte pentru tic-tac-toe a fost publicat[19] şi, chiar pentru acest „simplu" joc, tabelul este destul de complicat: sunt necesare patru pagini mari folio pentru a exprima în ele un foarte complex simbolism matematic.

Astfel, trebuie să existe, de asemenea, fie (1) o strategie perfectă care garantează că Punctul Omega va fi capabil să elimine păcatul dintr-un individ, fie (2) o strategie perfectă care permite individului să păstreze păcatul. Opţiunea (3), remiza, înseamnă, de asemenea, un eşec în eliminarea păcatului. Este dincolo de puterea omenească de a calcula care dintre aceste două opţiuni se susţine. Dacă este (1), şi dacă este posibil pentru Punctul Omega să calculeze

strategia pură (poate să nu fie posibil sau poate necesită o simulare perfectă care ar contrazice scopul calculului), atunci este sigur că Punctul Omega poate elimina păcatul dintr-o persoană, nu contează ce fel de păcat are el sau ea. Aceasta nu contrazice liberul arbitru: înseamnă chiar că lupta împotriva păcatului este sigură la sfârşit în victoria Punctului Omega, indiferent ce facem noi ca indivizi înviați. Orice mişcare vom face în particular, aceasta nu va putea fi prevăzută nici chiar de omniscienţă, în schimb indiferent ce facem, păcatul din noi se va pierde.[20]

Chiar în cazurile (2) şi (3) este încă posibil ca Punctul Omega să câştige jocul. Această posibilitate este ilustrată în tic-tac-toe de faptul că un jucător expert poate adesea să facă mişcări de începător ce-l duc la înfrângere: o listă a unor astfel de jucători neserioşi a fost furnizată pentru tic-tac-toe de Martin Gardner[21].

Totuşi, dacă este (2), atunci nu este garantat faptul că Punctul Omega poate elimina păcatul dintr-o fiinţă umană înainte ca memoria umană să fie umplută. Dacă se întâmplă acest lucru, atunci Punctul Omega ar creşte memoria umană şi ar continua jocul. Dacă restricţia finitudinii este astfel slăbită, nu mai există nicio garanţie că Punctul Omega poate câştiga jocul. Poate fi aşa, dacă omul imperfect rezistă îndrumării Punctului Omega pentru un timp subiectiv infinit. În acest caz, omul ar putea fi în Purgatoriu pentru totdeauna: este rezonabil să numim o astfel de situaţie „Iad". Acest Iad poate exista, dar existenţa sa nu este sigură. El ar exista doar dacă una sau mai multe fiinţe inteligente ar rezista mereu chemării la pocăinţă. Iadul ar putea exista pentru că Punctul Omega refuză să abandoneze un om, nu contează cât este de păcătos; existenţa Iadului ar putea fi o mărturie pur şi simplu a iubirii infinite a Punctului Omega pentru creaturile Lui/Ei. Există o teoremă celebră în economie – aşa-numita Teorema Copilului Nenorocit[22] – conform căreia prezenţa unui altruist

(„părinte") cu suficiente resurse pentru a le împărți între diferiți beneficiari („copiii") face ca un beneficiar să acționeze altruist față de ceilalți, dar care, în absența altruistului, ar răni pe ceilalți („copil nenorocit"), prezență benefică chiar și pentru un beneficiar care îi urăște pe ceilalți. Analiza lui Axelrod menționată mai sus sugerează că acest propriu interes al „copilului nenorocit" ar putea fi maximizat dacă ura lui este eventual convertită în dragoste. Cu alte cuvinte, o analiză a propriului interes sugerează cu tărie că ar putea fi posibil pentru Punctul Omega să transforme, de exemplu, ura lui Hitler înviat față de evrei și ura lui Stalin înviat față de culaci, în dragoste față de acești oameni. Dacă Teorema Copilului Nenorocit se aplică tuturor beneficiarilor, este de asemenea implicit faptul că ar fi posibil pentru Punctul Omega să convingă evreul înviat, ucis cu întreaga sa familie la Auschwitz, să-l ierte pe Hitler. (Presupunând că Punctul Omega ar dori să facă asta. Eu personal cred că neiertarea este justificată în acest caz.)

De asemenea, este posibil ca mărimea memoriei, sau schimbarea mediului, să constituie o schimbare în joc, cu rezultatul că există o strategie perfectă în noul joc, care asigură o victorie pentru Punctul Omega. Aceasta se întâmplă, de exemplu, în tic-tac-toe, dacă jocul este extins la trei dimensiuni. Tic-tac-toe tridimensional este jucat pe o „tablă" cubică, un câștigător având nevoie de trei cruci sau trei zerouri de-a lungul oricărei linii perpendiculare sau diagonale, sau de-a lungul oricăreia dintre cele patru diagonale principale ale cubului. Primul jucător are o victorie[23] sigură în jocul tic-tac-toe tridimensional.

Astfel, acest lucru seamănă cu păcatul care va fi curățat din majoritatea covârșitoare a ființelor umane, care se vor bucura de viața reînviată. O astfel de viață ar putea fi numită obișnuit „Rai". Astfel, Raiul și Purgatoriul există sigur, dar numai Punctul Omega în transcendența Lui/Ei știe

dacă Iadul există. Mai departe – şi aceasta este foarte important – Purgatoriul (şi Iadul, dacă există) este privit ca un „semi-Rai", chiar pentru cei din Purgatoriu, care se vor bucura de toate plăcerile compatibile cu procesul eliminării păcatului din ele.

Fiinţele izbăvite ale vieţii de apoi din Teoria Punctul Omega sunt identice cu cele din teologia lui Origen, primul mare teolog creştin (185–254 d.Hr.). Origen susţinea[24] că durerea în Iad se poate corecta în intenţie şi că nimeni, nici chiar diavolul, nu poate fi în mod necesar condamnat la Iad pentru totdeauna. Pocăinţa a fost totdeauna posibilă oricui, în Iad. O sursă biblică pentru această viziune a Iadului este o predică ţinută de Petru care afirma (Faptele Apostolilor 3:21) că Iisus „poate fi primit în ceruri până la vremile aşezării din nou a tuturor lucrurilor" (NEB). Ideea sugerată în acest pasaj este că „restaurarea" (în greceşte „apocatastasis" [ἀποκαταστάσις]) va fi cu adevărat universală: întreaga ordine creată va fi reînnoită, reîntoarsă către bunăstarea sa originală, şi îngerii răi, care sunt de asemenea parte a ordinii create, vor fi incluşi în această renovare a universului. Faptul că Dumnezeu va încerca, cel puţin, salvarea universală este clar enunţată în A Doua Epsitolă a lui Petru 3:9: „... nu este dorinţa Lui ca toţi să fie pierduţi, ci ca toţi să vină la pocăinţă" (NEB). Inevitabil, Origen a fost condamnat (postum) ca eretic pentru susţinerea acestei idei, a unei potenţiale salvări universale. Doctrina este rea pentru afaceri: dacă Dumnezeu încearcă să-l salveze pe fiecare după moarte, de ce să plătim preoţii pentru iertarea păcatelor? Dar ideea este o consecinţă necesară a credinţei esenţial creştine, cum că Dumnezeu îl iubeşte pe fiecare. Cum a spus teologul pietist creştin al secolului al XIX-lea, Gottlieb Barth: „Oricine care nu crede în restaurarea universală este un bou, dar oricine o predică este un măgar"[25].

O descriere a vieții din Rai

Așa cum am discutat în capitolul 9, dacă informația este stocată în creierul corpului înviat, există o limită de 1000 de ani de experiență subiectivă, pentru că un creier poate codifica doar 10^{15} biți. Chiar dacă această limită este anulată de Punctul Omega prin stocarea informației în altă parte, înaintăm către o mai fundamentală limită datorită faptului că orice ființă, chiar și una aproximativ asemănătoare unui membru al speciei noastre, este alcătuită să aibă experiențe într-un mediu aproape limitat: colecția tuturor mediilor care există acum în universul vizibil. Din perspectiva umană, această colecție este extrem de largă: mediul lumii umane de zi cu zi, colecția tuturor biosferelor care au existat vreodată sau vor exista pe Pământ, centrul Soarelui, centrul unei stele neutronice, centrul unei găuri negre. Deși larg, domeniul mediilor curente este totuși finit, iar o ființă nemuritoare le-ar putea experimenta pe toate (și rechema, dacă limita de 1000 de ani este anulată) în mai puțin de $10^{10^{123}}$ ani, o clipire de ochi pentru o ființă nemuritoare. Cum am arătat în capitolul 9, bucurându-ne mereu de noi experiențe – având o infinitate de noi experiențe – vom solicita în cele din urmă supraîncărcarea ființei la cel mai înalt nivel de implementare a vieții în apropierea Punctului Omega. Am expus mai sus motivele pentru care eu mă aștept ca noi înșine înviați să fim eventual opțiunea unei astfel de încărcări. Deci, ca o consecință a acestei supraîncărcări, ar trebui să devenim superoameni, dar eu nu-mi pot imagina ce fel de viață este aceea a unei superființe. Deci, nu voi încerca să descriu o astfel de viață. Vor exista două tipuri de vieți: o viață într-un corp uman înviat, urmată de o viață pur și simplu infinită, ca o parte a minții universale (pentru acei oameni care aleg să fie supraîncărcați). Aceste două tipuri de

vieți de apoi sunt aproape similare celor două feluri de vieți de apoi – epoca mesianică şi lumea ce vine – remarcate de rabinii iudaici medievali, în particular Maimonides. (Voi discuta despre punctul de vedere iudaic în capitolul 11.) Maimonides a intrat în conflict cu rabinii contemporani lui concentrându-se prea mult asupra inimaginabilei lumi care va veni. Voi evita aceasta, concentrând toată descrierea mea asupra Punctului Omega corespunzător epocii mesianice, care este viața într-o lume apropiată lumii noastre curente, dar fără obstacole. Oricum, acest lucru interesează pe majoritatea oamenilor. Este de ajuns să se ştie că toți vom avea eventual opțiunea lumii ce vine, dacă şi când vom dori. Ar fi mai nimerit să le privim pe amândouă, viața prezentă şi viața de apoi timpurie, ca o clasă de grădiniță pentru lumea ce vine.

Studenții mei – majoritatea tineri neînsurați – mă întreabă adesea „Va exista sex în ceruri?" Aceasta este o întrebare perfect rezonabilă în escatologia[26] islamică, aşa că o voi lua în considerare. Pentru că utilitatea Punctului Omega este sporită de creşterea utilității creaturilor simulate şi pentru că unii oameni doresc sex, răspunsul trebuie să fie afirmativ, sexul va fi disponibil celor care îl doresc. Această consecință a lui ἀγάπη este în contrast evident cu tabloul Raiului pictat de teologii academici care par să creadă că doar plăcerile intelectuale vor fi permise oamenilor în viață de apoi. Plăcerile senzuale vor exista în viața de apoi pentru că oamenii neasceți le doresc şi fiecare individ contează în mod egal. Un om ca d'Aquino, pe care nu l-a interesat sexul, nu-l va exercita, dar oamenii care îl doresc îl vor face.

Oricum, problemele pe care sexul le generează în viața noastră prezentă nu vor apărea în viața de apoi. Dificultățile pe care le au curent oamenii în a găsi un partener de dragoste sunt datorate faptului că piața de sex/căsătorie este o piață de schimb, caracterizată de costu-

rile[27] timpilor de căutare şi mărimea tranzacţiei. Această problemă nu va exista pentru oamenii înviaţi, dacă Punctul Omega poate potrivi oamenii: Punctul Omega ar trebui să fie capabil să calculeze care dintre toţi oamenii posibili ar trebui să fie cel mai bun partener pentru o persoană dată şi să-l simuleze în acelaşi mediu cu ea. Punctul Omega, şi nu oamenii simulaţi, plăteşte costurile tranzacţiei şi informaţiei. Spus mai dur (pentru bărbaţii neînsuraţi), ar trebui să fie posibil ca fiecare bărbat să fie potrivit nu pur şi simplu cu cea mai frumoasă femeie din lume, nu pur şi simplu cu cea mai frumoasă femeie care a trăit vreodată, ci să fie potrivit cu cea mai frumoasă femeie a cărei existenţă este logic posibilă. Datorită mutabilităţii înfăţişării corpului înviat, ar trebui să fie uşor să se asigure că bărbatul despre care vorbim este de asemenea cel mai frumos (de dorit) bărbat pentru această cea mai frumoasă femeie (cu condiţia ca bărbatul să petreacă suficient timp în Purgatoriu ca să-şi corecteze defectele de personalitate). Este necesar ca această cerinţă să fie satisfăcută, căci din punctul de vedere al Punctului Omega dorinţele bărbaţilor şi femeilor contează egal.

Este instructiv să se calculeze impactul psihologic al celei mai frumoase femei asupra unui bărbat (calculul este acelaşi dacă inversăm sexele). Potrivit Legii Fechner–Weber[28], una dintre cele mai bine testate legi ale psihologiei experimentale, un răspuns este proporţional cu logaritmul stimulului. Astfel, impactul psihologic asupra unui bărbat la întâlnirea cu o femeie, care este pentru el cea mai frumoasă femeie din lume, este aproximativ de nouă ori impactul întâlnirii oricărei femei din primele 10%, dacă există un milion de femei în lume ($[\log_{10}10^9]/[\log_{10}10] = 9$). Pentru a calcula limita cea mai de jos la impactul psihologic al întâlnirii celei mai frumoase femei a cărei existenţă este logic posibilă, să presupunem că frumuseţea este pe de-a-ntregul

genetică. Am arătat mai sus că există în jur de 10^{10^6} femei posibile distincte genetic. Presupunând validitatea Legii Fechner–Weber la stimuli mari, impactul psihologic relativ al întâlnirii celei mai frumoase dintre acestea este astfel de $\left[\log_{10} 10^{10^6}\right] / [\log_{10} 10^9] = 100\,000$ de ori impactul întâlnirii celei mai frumoase femei din lume. Incluzând şi personalitatea în completarea înfăţişării fizice, acest lucru face ca impactul să fie mai mare, dar chiar fără această includere impactul este deja mai mare decât poate suporta sistemul nervos uman. (Corpul înviat ar putea fi modificat ca să-l suporte.) Am trecut prin acest calcul pentru a ilustra dramatismul unui punct crucial: principiul nonsaţietăţii[29] nu va fi valabil pentru oamenii înviaţi. Finitudinea fiinţelor umane înseamnă că dorinţele lor sunt necesar finite, şi astfel este posibil pentru Punctul Omega să le satisfacă.

De exemplu, în jur de două treimi din oamenii adulţi trăiesc, la un moment dat al vieţii lor, o pasiune intensă pentru un membru al sexului opus, pasiune care nu este reciprocă: acesta este fenomenul dragostei[30] nerăsplătite. Punctul Omega are puterea de a transforma această pasiune în viaţa de apoi într-o dragoste *răsplătită.*

Permiteţi-mi să ilustrez bogăţia experienţei disponibile în viaţa de apoi, analizând „camera cu mai multe locaşuri". Ar trebui să fie posibil pentru Punctul Omega să simuleze un întreg univers vizibil pentru uzul personal al fiecărui om. („În casa Tatălui meu sunt multe locaşuri" [Ioan 14:2, KJV].) Capacitatea necesară a calculatorului nu este măsurabil mai mare decât cea necesară să simuleze toate universurile posibil vizibile. ($10^{10^{123}} \times 10^{10^{45}} \approx 10^{10^{123}}$; reţineţi că exponenţii se *adună,* astfel încât $10^{123} + 10^{45} \approx 10^{123}$). Fiecare univers vizibil privat simulat ar putea să conţină 10^{10} planete Pământ separate, fiecare o copie a Pământului prezent, sau Pământul aşa cum a fost la diferite momente de

timp în trecut. (Există aproximativ 10^{20} stele în universul vizibil, astfel că înlocuind cel puțin 10^{10} sisteme solare într-un univers vizibil, ar însemna o modificare minoră.) Există mai multe Pământuri pe care un singur om le-ar putea explora înaintea epuizării capacității de stocare a memoriei Lui/Ei de 10^{15} biți, fără să spunem nimic de memoriile stocate în timpul vizitei altor oameni în universurile *lor* private. (Încă o dată, principiul nonsațietății nu se va aplica în viața de apoi.)

Literatura speculațiilor creştine asupra detaliilor vieții de după moarte este enormă, aşa că nu voi încerca o comparație detaliată între diferite tablouri creştine cu Raiul ciberspațiului Punctului Omega. Cea mai pertinentă discuție a speculațiilor creştine este *Heaven: A History* de Colleen McDannell şi Bernhard Lang.[31] Impresia mea generală este că, aşa ca regulă generală, creştinii subestimează în mod grosier plăcerile ce vor fi disponibile în Rai. Ei, în cea mai mare parte, subestimează ce poate face o Ființă cu o putere practic infinită. Cele două exemple pe care le-am dat mai sus, în ceea ce priveşte sexul şi camera cu mai multe locaşuri, ilustrează ce poate face de fapt El/Ea.

Raiul creştin de la începutul secolului al XX-lea înfățişa adesea mortul înviat cântând laude lui Dumnezeu pentru eternitate. Lăsând la o parte faptul evident că niciun Dumnezeu – cu siguranță nu Punctul Omega – nu ar avea niciun interes în astfel de cântări, ființele umane ar găsi o astfel de viață de apoi chinuitor de *plictisitoare*. Istoricul american Barbara Tuchman a arătat că, atunci când armata germană a invadat Belgia şi Franța în 1914, soldații germani cântau cântece patriotice în timp ce mărşăluiau, când opreau marşul pentru a se odihni şi chiar înainte de a merge la culcare, după marşul zilnic. Acei soldați care au reuşit să supraviețuiască întregului război îşi amintesc aceste cântări nesfârşite ca fiind cel mai cumplit chin al invaziei.[32]

Problema Răului: o teodicitate a Punctului Omega

Dacă viața de după moarte urmează să fie atât de minunată, ne putem întreba de ce trebuie să trecem prin viața noastră curentă, această „vale a plângerii". De ce să nu începem viața la înviere? Răspunsul a fost dat în capitolul 6: viața noastră actuală este logic necesară; emulările noastre indiscernabile *trebuie* să treacă prin asta. Este logic imposibil ca Punctul Omega să ne salveze. Chiar şi omnipotența este limitată de logică. Aceasta este rezoluția firească asupra „Problemei Răului." Dar imboldul păcatului este îndepărtat de către învierea universală: Punctul Omega va nimici pe cât posibil marile păcate ale trecutului şi ale prezentului în viața de apoi.

Merită să dezvoltăm tema acestei rezoluții, pentru că Problema Răului a fost dintotdeauna principala dificultate întâmpinată de religiile monoteiste, precum creştinismul, iudaismul şi islamismul. Dacă Dumnezeu este omnipotent, omniscient şi bun, cum este posibil ca răul să existe în univers? Dacă Dumnezeu este binele, atunci El şi-ar fi dorit să nu fi fost niciun fel de rău. Oricum, odată ce El este omniscient, nu este posibil ca El să fie surprins de răul ce există în lume, nici nu este posibil ca atunci când El a creat lumea să nu fi fost conştient de faptul că răul se va naşte ca o consecință a legilor naturii pe care El le-a stabilit. Deoarece El este atotputernic, se pare că ar fi putut crea un univers în care răul din lumea observată să nu apară. Mai rău, omnipotența şi omniscienta Lui par să-L facă responsabil moral pentru răul din lume. Cutremurele şi erupțiile vulcanice apar în regiuni locuite ale Pământului la câțiva ani şi ucid – adesea cu mare suferință – zeci şi sute de oameni. Chiar Dumnezeu este Cel care susține în existență materia şi legile fizice ce

controlează materia, care fac aceste dezastre inevitabile. În plus, deoarece El este omniscient, El ştie că aceste cutremure şi erupţii vulcanice vor apărea şi când anume, drept consecinţă a faptului că El este temeiul acestor legi. El chiar nu face nimic să oprească aceste dezastre, nici să-i prevină pe oamenii care vor muri şi vor suferi. Cutremurele şi erupţiile vulcanice sunt exemple a ceea ce se cheamă *rele naturale,* acele rele care sunt consecinţe ale forţelor fără viaţă. Dumnezeu poartă singur responsabilitatea acestor rele, în contrast cu *relele morale,* cum este cel al Holocaustului (în care naziştii au omorât şase milioane de evrei), pentru care fiinţele umane împart responsabilitatea morală cu Dumnezeu. Reţineţi faptul că, chiar în cazul răului moral, Dumnezeu poartă principala vină pentru că El susţine fiinţele rele în existenţă. În timpul Holocaustului, El a menţinut în existenţă naziştii şi lagărele lor de exterminare, ştiind foarte bine ceea ce făceau şi fiind capabil să oprească măcelul, dacă El ar fi dorit.

Aceasta este deci Problema Răului: un Dumnezeu care este omnipotent, omniscient şi pe deplin bun pare a fi logic inconsecvent cu faptul empiric că răul există.

Încă de la începutul creştinătăţii, Problema Răului a fost argument puternic pentru ateism. Scriitorul creştinismului timpuriu, Lucius Lactantius, în cartea sa din anul 313 d.Hr. *The Anger of God,* a atribuit formularea Problemei Răului filosofului grec ateist Epicur, care a trăit între 341 şi 270 î.Hr. Lactantius îl citează pe Epicur spunând (într-o lucrare acum pierdută):

> Dumnezeu ori doreşte să îndepărteze răul, dar nu poate; ori El poate, dar nu vrea; ori El nici nu vrea, nici nu poate; ori El vrea şi poate. Dacă El vrea şi nu poate, El este slab, ceea ce nu este în concordanţă cu caracterul lui Dumnezeu; dacă El poate şi nu vrea, El este invidios, ceea ce este în

> contradicție cu Dumnezeu; dacă El nici nu vrea, nici nu poate, El este și invidios și slab, deci nu este Dumnezeu; dacă El vrea și poate, ceea ce se potrivește lui Dumnezeu, de unde vin relele? De ce Dumnezeu nu le îndepărtează?[33]

În a sa *Summa Theologica,* o lucrare care poate fi privită ca un fundament al întregii teologii catolice începând cu Evul Mediu, Sf. Toma d'Aquino a prezentat Problema Răului ca fiind prima dintre cele două principale dificultăți intelectuale care împiedică o credință în Dumnezeu. (Celălalt motiv era faptul că chiar fizica din Evul Mediu nu avea nevoie să postuleze un Dumnezeu Personal; legea naturii impersonale era suficientă să dea socoteală pentru orice lucru observat în natură.) Cum spunea d'Aquino:

> Se pare că Dumnezeu nu există; deoarece dacă unul dintre cele două contrarii ar fi infinit, celălalt ar fi în întregime distrus. Dar numele *Dumnezeu* înseamnă că El este bunătatea infinită. Deci, dacă Dumnezeu ar exista, nu s-ar descoperi niciun rău; dar există răutate în lume. Deci, Dumnezeu nu există. În plus, este inutil să presupunem că ceea ce poate fi justificat de câteva principii poate fi produs de mai multe. Dar se pare că tot ceea ce vedem în lume poate fi justificat de alte principii, presupunând că Dumnezeu nu există. Dar toate lucrurile obișnuite pot fi reduse la un singur principiu, care este natura; și toate lucrurile voluntare pot fi reduse la un singur principiu, care este rațiunea umană sau voința. Deci, nu mai este nevoie să presupunem existența lui Dumnezeu.[34]

Scopul principal al acestei cărți a fost să arate că fizica modernă are nevoie de principiul lui Dumnezeu; scopul acestei secțiuni este să arate că o analiză intimă a

fizicii rezolvă, de asemenea, Problema Răului. Termenul tehnic uzual folosit de teologie pentru studierea Problemei Răului este *teodicitate,* din cuvintele greceşti θεός (theos), însemnând „Dumnezeu", şi δίκη (dike), însemnând „dreptate". „O teodicitate" este folosită pentru a desemna o anumită propunere pentru rezolvarea Problemei Răului. Toţi teodicienii încearcă să „justifice căile lui Dumnezeu faţă de omenire"; ei încearcă să arate că, în ciuda tuturor relelor din lume, Dumnezeu este totuşi drept şi bun. Cuvântul „teodicitate" a fost introdus[35] de filosoful german Leibniz.

Teodicitatea creştină tradiţională a fost denumită „teodicitate augustiniană" de către teologul englez John Hick, după Sf. Augustin care a dezvoltat primul, în detaliu, această explicaţie a prezenţei răului în lume. Potrivit acestei păreri nu exista niciun rău în univers până când primele fiinţe umane au comis păcate. Toate fiinţele umane, începând de atunci, au moştenit tendinţa de a comite păcate, şi astfel tot răul din univers ţine de responsabilitatea fiinţelor umane, nu a lui Dumnezeu. Mai general, responsabilitatea răului este extinsă asupra celorlalte fiinţe sfinte (îngeri), exceptându-L pe Dumnezeu; chiar relele naturale sunt considerate ca rezultate ale spiritelor rele (diavoli).

În ceea ce priveşte această părere tradiţională, există două dificultăţi. Prima este cea conform căreia ştiinţa arată că (1) nu există asemenea fiinţe, ca spirite rele, şi (2) universul nu era fără de rău înainte ca oamenii să fi evoluat; animalele sufereau şi mureau la fel cum fac şi acum. A doua se referă la faptul că o asemenea explicaţie nu-L absolvă pe Dumnezeu de responsabilitatea pentru rău, deoarece El menţine existenţa răului şi, prin asumare, ar putea elimina răul, dacă El doreşte.

Pentru a îndepărta această ultimă dificultate, toţi teodicienii susţin că, pentru un motiv sau altul – motivul principal este ce anume îi distinge pe diferiţi teodicieni

unul de altul, este *logic imposibil* pentru Dumnezeu să elimine orice rău observat că a apărut. Această singură circumstanță îl absolvă pe Dumnezeu de responsabilitatea răului, deoarece chiar omnipotența nu poate face ceea ce este logic imposibil.

Prin „logic imposibil" se înțelege o stare de lucruri contradictorie din punct de vedere logic. O asemenea situație este pur şi simplu un nonsens, deoarece dintr-o contradicție poate fi dedusă *orice* propoziție. O simplă demonstrație a acestui fapt este următoarea: fie P orice propoziție şi să presupunem că A şi non-A sunt adevărate. Acum, dacă A este adevărat – şi este prin ipoteză – rezultă că sau A sau P (doar „sau") este adevărată. Dar nu este A (din nou, prin ipoteză, cealaltă jumătate a contradicției), prin urmare P este adevărată. Dacă cineva vă cere să susțineți ideea unei contradicții logice, îi răspundeți pur şi simplu „Fie P propoziția «Tu nu eşti». Această judecată este adevărată, deoarece orice lucru poate fi dedus dintr-o contradicție, iar eu refuz să am o conversație serioasă cu o persoană care nu există!" Această eliminare a contradicției din discursul rațional constituie ceea ce o minte şcolărească argumentează împotriva unui Dumnezeu omnipotent: „Dacă Dumnezeu este omnipotent, atunci El poate face o stâncă atât de grea, încât nici chiar El nu o poate ridica. Dar dacă El nu poate să o ridice, atunci El nu este omnipotent!" O piatră atât de grea încât o ființă omnipotentă nu poate să o ridice reprezintă o contradicție logică; este mult zgomot pentru nimic şi nu o piatră care poate exista în realitate. Omnipotența lui Dumnezeu nu este limitată de abilitatea omenirii de a fabrica nonsens. Omnipotența lui Dumnezeu înseamnă doar că El poate face orice lucru care nu este imposibil din punct de vedere logic.

Majoritatea teodicităților tradiționale afirmă că Dumnezeu nu ar fi putut face o lume mai bună decât cea în care noi trăim; această lume pe care Dumnezeu a hotărât-o

să fie este cea mai bună dintre lumile posibile. Această afirmație este întâmpinată cu strigăte batjocoritoare din partea scepticilor. Ei accentuează că noi, oamenii, am făcut lumea un loc mai bun pentru a trăi. De exemplu, noi am eliminat multe boli. De ce un Dumnezeu omnipotent nu a făcut aceasta mai devreme? Teodicienii susțin[36] că răul este logic necesar pentru a avea fie (1) liber arbitru, fie (2) un univers în care sunt forjate suflete tari (fără ca răul să-i încerce bărbăția, caz în care ar rezulta doar un suflet slab). Chiar recunoscută această necesitate logică, scepticii se întreabă: de ce atât de mult rău? Pentru aceasta nu este suficient să arătăm că răul este logic necesar, ci trebuie, de asemenea, să arătăm că tot răul prezent în lume este logic necesar. Ar fi oare lumea logic imposibilă dacă un singur copil ar suferi cu un singur minut mai puțin de gripă? Sau dacă ar fi murit o persoană mai puțin în Holocaust? Sunt oare toate sufletele acelor evrei mai bune cu adevărat pentru ca ei să fie gazați?

Rețineți faptul că ambele părți, și teodicienii tradiționali și scepticii, presupun că doar o lume din multitudinea de lumi posibile există de fapt. Dar mecanica cuantică prevede empiric faptul evident că există mai mult de o lume, așa cum am arătat și eu în capitolul 5 și în Anexă, în ceea ce privește Interpretarea Lumilor-Multiple. În plus, am susținut în capitolul 8 faptul că *toate* lumile care conduc către Punctul Omega devin reale prin necesitate logică. Deoarece copilul a suferit atât cât a suferit și șase milioane de evrei au murit în Holocaust, este logic posibil pentru copil să sufere atât cât suferă și șase milioane de evrei să fi murit în Holocaust. Astfel, presupunând că universul nostru poate sfârși în Punctul Omega, aceste rele teribile *trebuie* să apară într-o anumită istorie, din necesitate logică. Invers, deoarece aceste rele se pare că nu sunt logic necesare în toate istoriile, atunci există istorii ale existenței reale ale universului în care ele nu

apar. Există, astfel, unele istorii (se speră că majoritatea) în care Holocaustul nu a apărut.

Punctul Omega este absolvit de responsabilitatea morală pentru relele naturale şi morale, pentru că este logic imposibil pentru El/Ea să elimine vreun rău din totalitatea istoriilor care există de fapt. Nici chiar o fiinţă omnipotentă nu poate fi învinuită de ratarea comiterii unei imposibilităţi logice. Pentru că în alte teodicităţi Dumnezeu are o alegere arbitrară în a actualiza lumile, El este încă responsabil moral pentru relele acestei lumi. Scepticii evidenţiază aceasta cu bucurie, şi chiar teologul John Hick admite: „[Toate teodicităţile] recunosc explicit sau implicit, în cele din urmă, responsabilitatea lui Dumnezeu pentru existenţa răului".[37]

În particular, teodicităţile lui Augustin şi Calvin arată căderea în păcat atât a oamenilor, cât şi a îngerilor ca fiind predestinată de Dumnezeu. Astfel, teodicitatea Punctului Omega este prima teodicitate care îl absolvă cu succes pe Dumnezeu de responsabilitatea morală a răului. Toate teodicităţile anterioare au supraestimat ceea ce poate face omnipotenţa, pentru că au subestimat ceea ce a făcut deja omnipotenţa.

Reţineţi oricum că remarcile precedente despre imposibilitatea logică a îndepărtării oricărui rău se aplică Punctului Omega doar în *transcendenţa* Lui/Ei, deoarece se presupune că noi considerăm toate istoriile ca fiind un întreg. Necesitatea logică a istoriilor colective cuprinzând întreaga realitate poate fi privită ca „emanând" de la Punctul Omega în transcendenţa Lui/Ei. Această „emanaţie" este, aşa cum am arătat în capitolul 8, aproape identică cu modul în care Demiurgul filosofiei lui Platon generează realitatea; diferenţa esenţială fiind că aici lanţul fiinţei este generat dinspre viitorul ultim către înapoi şi mai degrabă în timp, decât în spaţiu. Avem de-a face mai curând cu o cosmologie dinamică, decât cu una statică. Astfel, Punctul Omega în

transcendența Lui/Ei nu are „libertatea" de a alege ce fel de lume să creeze. Cu toate acestea, Punctul Omega în *imanența* Lui/Ei este liber să creeze orice univers îi place şi, de fapt, creează astfel liber un univers (generează o istorie), mecanismul fiind descris în capitolul 7 (Condiția de Frontieră a Punctului Omega). Nu există inconsistență între libertate şi necesitate, pentru că „libertatea" este un concept care se aplică doar unei ființe vii în timp. Nu se aplică Punctului Omega în transcendența Lui/Ei, deoarece Punctul Omega transcendent nu este în timp. Punctul Omega transcendent este ultimul sfârşit al tuturor istoriilor, limita de pe urmă a viitorului tuturor istoriilor din spațiu şi timp.

În ciuda lipsei vreunei responsabilități morale pentru rău, Punctul Omega poate – şi vrea – să micşoreze relele pe care trebuie să le suferim aici şi acum, dăruindu-ne fericirea vieții de apoi. Această favoare este în puterea omnipotenței, deşi eliminarea totală a întregului rău nu este. Deoarece viața de apoi va dura veşnic, binele pe care îl vom primi în viața de după va fi practic infinit mai mare decât răul finit pe care l-am îndurat în această viață. (O limită superioară a numărului de rele din colectivitatea tuturor ființelor vii – plante, animale şi oameni – aici, pe Pământ, care ar putea fi experimentate în această viață, este dată de numărul stărilor posibile în care poate fi universul vizibil, şi anume $10^{10^{123}}$, un număr pe care l-am discutat înainte. Numărul real al relelor este desigur departe de a fi mic.)

O teodicitate în care accentul cade mai degrabă pe binele infinit din viitor, decât pe relele finite din trecut şi prezent, este numită de către John Hick *teodicitate ireneană,* după Ireneu (130–202 d.Hr.), Episcop de Lyon. Încă de la începuturile creştinismului există observații la acest tip de soluție la Problema Răului. Eu am menționat deja predica lui Petru din *Fapte*, unde el vorbeşte despre restaurarea universală viitoare, când Dumnezeu va fi întreg în toate. În *Summa*

Theologica, d'Aquino a afirmat „Dumnezeu permite păcatelor să se săvârşească pentru a aduce mai mult bine".[38] În cartea sa *Enchiridion,* Augustin a afirmat explicit „Dumnezeu a hotărât că este mai bine să aducă binele în locul răului, decât să nu permită niciunui rău să existe".[39] Dar exprimarea mea favorită a acestei idei din creştinism aparţine primei mari *femei* teolog, Maica Iuliana a Norvegiei, care a trăit din 1342 până (aproximativ) în 1416 şi care a exprimat profunzimile sale teologice sub forma revelaţiilor. Când ea s-a întrebat de ce „începutul păcatului nu a fost prevăzut de uriaşa înţelepciune prevăzătoare a lui Dumnezeu", a auzit vocea lui Iisus spunându-i „Păcatul trebuie să existe, dar totul va fi bine. Totul va fi bine"[40].

Maica Iuliana a rezumat frumos teodicitatea Punctului Omega.

Nemurirea socială, nemurirea personală şi progresul veşnic sunt identice

Am arătat în capitolul 4 şi în Anexă faptul că informaţia codificată în univers diverge pe măsură ce universul se apropie de Punctul Omega. În plus, informaţia stocată tinde către infinit într-un timp propriu finit, astfel încât creşterea este *mai rapidă* decât creşterea exponenţială – cel puţin în timpul propriu.

Cu toate acestea, în fazele timpurii ale expansiunii, stocarea informaţiei va fi limitată la volumul unei sfere având drept centru Pământul (sau suprafaţa acestei sfere, dacă viaţa în centru consumă prea repede resursele ei materiale – înainte ca energia gravitaţională de forfecare să-i dea un impuls – şi moare). Aceasta ar implica[41] faptul că informaţia stocată creşte cu pătratul timpului propriu, dacă

temperatura universului este aproximativ constantă. Aceasta înseamnă că, înainte ca viața să cuprindă universul, va exista o viteză de creştere care este mai mică decât cea exponențială (puterea legii de creştere), măsurată în timpul propriu.

Dar, aşa cum am susținut în repetate rânduri, timpul propriu nu este o scală de timp potrivită pentru viață. Adevăratul timp pentru viață este timpul *subiectiv,* definit ca fiind timpul necesar de a înmagazina ireversibil un bit de informație; adică, viteza de creştere a informației în timpul subiectiv este prin definiție unitatea. Timpul subiectiv va fi o variabilă potrivită a timpului universal, doar dacă el este o funcție monoton crescătoare a timpului propriu în fiecare moment. Nu am demonstrat acest lucru; am arătat doar că informația înmagazinată tinde către infinit. Cu toate acestea, această divergență către infinit semnifică faptul că există o *medie* ponderată luată după timpul propriu al informației stocate, astfel încât această medie este monoton crescătoare către infinit şi, în plus, cu excepția perioadei dintre epoca în care viața a cuprins jumătate din spațiul universului şi momentele expansiunii maxime, informația stocată *va fi* monoton crescătoare. (Motivul pentru care informația ar putea să nu fie monoton crescătoare, între momentul când viața a cuprins jumătate din spațiul universului şi momentul expansiunii maxime, este că în această perioadă raza sferei în care este localizată viața este *descrescătoare* cât viața se deplasează către punctul de la antipod al sferei tridimensionale a universului spațial. În plus, în această epocă expansiunea universului nu poate fi ignorată, şi este chiar posibil ca energia-masa disponibilă pentru viață să poată descreşte. Este posibil ca informația stocată să poată fi cu toate acestea monoton crescătoare chiar în această perioadă de timp, deoarece este posibil ca universul să se poată deplasa în această perioadă înspre un canal de fugă, furnizând astfel energia de forfecare. Dar eu nu pot demonstra acest lucru.)

Acum arăt că o creştere monotonă a informaţiei stocate, cu această informaţie tinzând la infinit când universul se deplasează înspre Punctul Omega, implică faptul că *bogăţia* totală posedată de biosferă ca întreg creşte *exponenţial* în timpul subiectiv pur şi simplu veşnic; adică, bogăţia totală nu doar creşte, ci ea creşte exponenţial.

Economistul austriac Friedrich Hayek (premiul Nobel în 1972) a susţinut faptul că stocul de capital al unei societăţi este egal cu numărul total de utilizări posibile ale maşinilor pe care societatea le are în mod real. Aşa cum a exprimat acest lucru chiar Hayek:

> Noţiunea numită de obicei „alimentare de capital" poate fi astfel descrisă în mod adecvat numai în termenii totalităţii tuturor canalelor alternative de venit, între care existenţa unui anumit stoc de resurse nepermanente (împreună cu fluxul de intrare aşteptat) ne permite nouă să alegem... Fiecare din părţile constituente ale acestui stoc poate fi folosit în moduri diferite şi în combinaţii diferite cu alte resurse permanente şi nepermanente, pentru a furniza canale de venit temporare... Ceea ce sacrificăm pentru a obţine un canal de venit de o formă particulară reprezintă întotdeauna părţile canalelor de venit potenţial ale altor forme de timp pe care le-am fi avut în loc.[42] [Astfel]... singura descriere adecvată a „alimentării de capital" este o enumerare completă a domeniului canalelor de ieşire posibile de forme temporale diferite care pot fi produse de resursele existente.[43]

Mai general, bogăţia posedată de un individ sau bogăţia posedată de societate este proporţională cu numărul de oportunităţi pe care aceasta le are: de numărul acţiunilor alternative diferite pe care el, ea sau aceasta le are dispo-

nibile. Noi, locuitorii națiunilor Primei Lumi, suntem mai bogați decât strămoșii noștri, deoarece (de exemplu) majoritatea dintre noi își pot permite să aibă căpșune proaspete la micul dejun în oricare zi a anului. Mâncatul căpșunelor proaspete în oricare zi a anului nu era o acțiune alternativă pentru mulți dintre strămoșii noștri de acum o mie de ani. Mulți dintre strămoșii noștri au trăit în regiuni ale Pământului unde nu existau căpșune, iar în regiunile unde acestea creșteau, ele nu erau disponibile iarna, decât pentru foarte, foarte puțini oameni care le produceau în sere speciale. Eu scriu în mod obișnuit aceste rânduri în Florida, Statele Unite ale Americii, și dacă aș dori aș putea fi mâine la Viena, Austria. Acțiunea alternativă de a merge din America de Nord către Europa (sau invers) în mai puțin de 24 de ore nu era cu putință *oricărui* dintre strămoșii mei, cu un secol în urmă.

Prin definiție, numărul de aranjamente posibile care pot fi codificate de I biți de informație este 2^I. Urmându-l pe Hayek și egalând bogăția totală cu numărul de aranjamente posibile, obținem pentru bogăția societății 2^I, deci bogăția crește ca $2^{(\text{timp subiectiv})}$. Aceasta este o creștere exponențială. Cum timpul subiectiv merge de la zero la plus infinit, aceasta înseamnă că bogăția crește veșnic exponențial în timpul subiectiv.[44]

Observăm că demonstrarea faptului că bogăția poate crește veșnic exponențial în timpul subiectiv a necesitat trei etape. Mai întâi, a trebuit să știm că bogăția și informația erau legate exponențial; în al doilea rând, a trebuit să arătăm că informația înmagazinată ar putea tinde către plus infinit, când se apropie Punctul Omega; și în al treilea rând a trebuit să arătăm nu doar faptul că informația stocată tinde la infinit, ci și faptul că creșterea era monotonă. Numai al treilea fapt poate să nu fie necesar, dar cu toate acestea, creșterea este monotonă dacă este luată o medie temporală ponderată.

Această creştere exponenţială a bogăţiei permite vieţii din viitorul îndepărtat puterea de a ne învia pe noi toţi şi, în plus, permite Punctului Omega să împartă bogăţia într-o astfel de manieră încât porţia noastră, deşi este un procent veşnic descrescător al întregului, tinde tot către plus infinit.

Orice cosmologie cu progres către infinit va sfârşi în mod necesar în Dumnezeu. Mai departe, speranţa unui progres mondial veşnic şi speranţa supravieţuirii individuale dincolo de mormânt par să fie acelaşi lucru. Departe de a fi opuse, aceste două speranţe se presupun una pe alta; una nu poate fi fără cealaltă. Punctul Omega este cu adevărat Dumnezeul Speranţei: „Unde îţi este biruinţa, moarte? Unde îţi este boldul, moarte?" (I Corinteni 15:55 KJV).

comparație între raiul prezis de fizica modernă şi viața de apoi aşa cum apare ea în marile religii ale lumii

Voi demonstra printr-o analiză a imaginii vieții de apoi aşa cum apare ea în marile religii ale lumii – taoism, hinduismul timpuriu, iudaism, creştinism şi islam – că, în esență, viața de apoi prefigurată de fizica modernă este chiar cea aşteptată de către fiecare religie. Voi arăta că, în general, în toate religiile menționate mai sus, viața de apoi era privită mai curând ca o înviere a morților, decât ca starea de nemurire a unui suflet imaterial. Există chiar indicii că imaginea vieții de apoi este aceeaşi în *toate* religiile. Voi încerca să demonstrez aceasta prezentând pe scurt natura vieții de apoi în viziunea unora dintre locuitorii Africii şi ai Americii Precolumbiene. De asemenea, voi evidenția unele opinii despre concepția budistă despre viața de apoi, deşi nu e sigur că „viața de apoi" este un termen adecvat pentru discutarea concepției budiste.

Nemurirea în marile religii neoccidentale

VIAȚA DE APOI ÎN TAOISM

Încă de la începuturile sale, taoismul – filosofie religioasă chineză – a susținut ideea nemuririi individului.

Unul dintre idealurile înțeleptului taoist era acela de a deveni un *hsien,* un nemuritor, adică o ființă care trăiește veșnic într-un paradis senzual foarte material. Așa cum arată Needham

> [Taoistul se pregătea] pentru o altă viață, cea de după „moarte", la fel de materială, dar mai subtilă și mai pură, minunată și sfântă, dar conținând totuși toate experiențele plăcute pe care un om le poate avea în viața sa, eliberate însă de suferințele bolii, ale vârstei și disoluției. Se credea că un *hsien* era capabil să revină în lumea obișnuită ori de câte ori dorea, dar că lumea lui era oricum de preferat[1].

Lumea nemuritorilor *hsien* este descrisă pe larg în numeroase lucrări, de exemplu în clasica *Lieh Tzu*; unele părți ale ei datează din perioada Warring States (între secolele al cincilea și al treilea î.Hr.). În perioada cuprinsă între 175 și 1700 d.Hr. s-au scris[2] multe alte cărți despre viețile faimoșilor *hsien.* În perioada Han (între 206 î.Hr. și 220 d.Hr.) nemuritorii *hsien* erau adesea reprezentați având aripi pentru a se exprima astfel ideea că trupurile lor erau trupuri „spirituale" și, deci, capabile să zboare. Trupul Nemuritor nu era trup omenesc, ci supraomenesc. Unul dintre procedee presupunea crearea trupului unui Nemuritor pe parcursul unei vieți întregi prin anumite practici (detaliate în manualele taoiste). Stadiul final consta în formarea, prin ritualuri magice speciale, a unui simulacru de cadavru care să fie depus în sicriul adeptului taoist. Acest stadiu era numit[3] „eliberarea cadavrului" sau „transformarea sufletului-*hun*". Se credea[4], de asemenea, că este posibilă transformarea unui trup muritor într-unul Nemuritor cu ajutorul unui „Elixir de Aur". Mare parte din activitatea alchimiștilor chinezi era dedicată căutării acestui Elixir de Aur. Mulți împărați chinezi au sprijinit aceste cercetări și câțiva dintre ei au murit consumând un astfel de presupus Elixir de Aur[5].

În ambele cazuri, procesul transformării unui trup omenesc normal într-un trup de Nemuritor era considerat asemănător cu metamorfoza insectelor. Idealul taoist al formei de nemurire în trup se datora concepției despre om ca trup însuflețit, mai degrabă decât suflet încarnat, ei nu credeau că o personalitate individuală ar putea exista în absența unui trup de un fel sau altul[6]. Această concepție taoistă a fost mai târziu codificată în legea chineză. *Ling ch'ih,* o metodă de execuție în care călăul taie, încet, în bucăți trupul victimei, era considerată a fi cea mai completă formă de pedeapsă cu moartea, nu numai datorită durerii pe care o provoca, ci şi pentru că un trup mutilat în aşa măsură atrăgea imposibilitatea ca victima să mai aibă o viață de după moarte. Execuția prin ştrangulare era considerată cea mai blândă formă de pedeapsă cu moartea, mai blândă decât decapitarea, deşi a doua este mai puțin dureroasă decât prima, pentru că prima nu mutilează deloc corpul şi, de aceea, nu împiedică viața de după moarte[7].

Oponenții intelectualişti ai taoiştilor, adepții confucianismului erau de acord cu ideea că o personalitate are nevoie de un trup, dar de aici ei trăgeau concluzia că nu pot exista spirite, stafii şi *hsien.* De exemplu, Wang Ch'ung (27–97 d.Hr.; dinastia Han târzie), unul dintre cei mai mari scolastici confucianişti, argumenta în celebra sa lucrare *Lun Heng* („Discursuri puse în balanță") ideea că viața reprezintă o structură cristalină în materie, aşa cum gheața este apă cristalizată. „Topindu-se, gheața redevine apă, iar omul, murind, se reîntoarce la starea de spirit. Este numit spirit, căci acesta îl rezumă aşa cum gheața topită rezumă numele apei. Dacă avem înaintea noastră un om, atunci folosim un alt nume. Deci, nu există dovezi că morții posedă conştiință sau că ei pot lua o formă şi pot face rău oamenilor"[8]. Spiritele nu pot avea formă materială; din punct de vedere material[9] ele nu pot exista. În aceeaşi lucrare, Wang Ch'ung arată că încercările cuiva de a deveni *hsien* şi a învinge

moartea eşuează cu certitudine, tot aşa cum, cu certitudine, gheaţa se topeşte[10]. În 484 d.Hr., un alt confucianist, Fan Chen, susţinea, într-un eseu intitulat *Shen Mich Lun* („Despre distructibilitatea sufletului"), că „Spiritul este pentru trup ceea ce este ascuţimea pentru cuţit. Nu am auzit niciodată să fi persistat ascuţimea odată ce cuţitul a fost distrus"[11]. S-au scris peste 70 de lucrări care combat eseul lui Fan Chen, cel mai interesant dintre ele fiind, după părerea mea, acela a lui Shen Yo care arată că materialul din care a fost făcut cuţitul poate fi refolosit pentru a modela un pumnal de o cu totul altă formă, dar la fel de ascuţit[12]. Cu alte cuvinte, dacă se recreează esenţa modelului, atunci înseamnă că persoana este înviată cu adevărat. Astfel, modelul învierii din Teoria Punctului Omega este adecvat tradiţiei chineze.

NEMURIREA ÎN HINDUISMUL TIMPURIU

Ideea reîncarnării, care se bazează pe dualitatea strictă trup-suflet, este esenţială pentru hinduismul (şi budismul) modern. Dar reîncarnarea şi dualismul aflat la baza sa reprezintă, de fapt, un concept relativ recent pentru gândirea indiană. După cât se pare, el a apărut pe la anul 600 d.Hr. şi s-a răspândit rapid, astfel încât în decurs de un secol a devenit general acceptat.

La începuturile sale, religia indiană accepta premisa unităţii dintre trup şi suflet şi socotea că viaţa de după moarte este caracterizată de învierea acestei unităţi trup-suflet într-un paradis terestru. În *Rig Veda,* cea mai veche creaţie literară indiană cunoscută (de fapt, chiar cea mai veche creaţie indo-europeană cunoscută), încheiată în partea ei esenţială pe la anul 1000 î.Hr., dar a cărei compilare a durat vreme de câteva secole, abundă descrieri ale acestui paradis. Imnul 113 din cartea a 9-a din *Rig Veda* se încheie cu cuvintele:

O, Pavamana, du-mă în lumea nemuritoare, în cea fără de trecere,
În care se află lumina raiului şi în care străluceşte dorinţa...

Fă-mă nemuritor în ţinutul Regelui, fiul lui Vivasvan,
Acolo unde se află altarul secret al raiului şi apele pure şi proaspete...

Fă-mă nemuritor în ţinutul în care ascultând, ei trec
În cea de-a treia sferă a raiului tainic în care lumile clare sunt pline de lumină...

Fă-mă nemuritor în acel regat al dorinţei nestăvilite
Tărâmul Lunii strălucitoare, cu hrană din belşug şi plăceri de nedescris...

Fă-mă nemuritor în acel ţinut în care sunt strânse la un loc fericirea,
Bucuriile şi desăvârşirea, şi toate dorinţele se împlinesc...[13]

Fiul lui Vivasvan este Yama, primul om, zeificat şi devenit zeu al morţilor; el este cel care deschide drumul spre paradis pentru toată omenirea care vine după el, aşa cum se arată clar în următoarele fragmente din adresa funebră din Imnul 14 al Cărţii a 10-a din *Rig Veda*:

Yama ne-a găsit mai întâi un loc în care să trăim: păşunea aceasta nu ne-o va răpi nimeni.

Cei născuţi pe Pământ îşi croiesc poteci care îi duc acolo unde au plecat părinţii noştri...

Cei ce-i slăvesc pe zei, de zei slăviţi, se bucură unii aducând laude şi alţii fiind lăudaţi de noi.

Mergi înainte, mergi mai departe pe bătrânele cărări pe care bătrânii noştri au păşit mai înainte.

Acolo îi vei vedea pe ambii Regi hrănindu-se cu hrana sacră, zeul Varuna şi Yama.

Te vei întâlni cu Yama, cu părinții, te vei întâlni cu cei ce-au făptuit voia lor sau ceea ce le-a fost impus, în cel mai înalt rai.

Vei părăsi răul și păcatul, înnoindu-ți viața și vei primi un nou trup, plin de lumină.

Așa că, mergi, pornește, zboară peste tot: căci părinții ți-au gătit acest loc.
Yama ți-a pregătit loc de odihnă împodobit cu zile de lumină și izvoare...[14]

Un interes deosebit îl reprezintă implicația conținută în ultimul vers, conform căreia în paradis noi vom avea un alt trup care, deși nemuritor și imun la orice boală, nu este mai puțin capabil de experiența plăcerilor de care se bucură trupul nostru actual. Paradisul din *Rig Veda* este lumea aceasta din care lipsesc necazurile. Astfel că viața de apoi, conform *Rig Veda,* este perfect compatibilă cu viața de după moarte și învierea trupului din cadrul Teoriei Punctului Omega. Concepțiile hinduiste și budiste ulterioare sunt incompatibile cu modelul vieții de după moarte specific Teoriei Punctului Omega, căci ele au la bază dualitatea trup-suflet și presupun reîncarnarea în lumea aceasta. Mahatma Gandhi, cel mai celebru hindus din secolul al XX-lea, afirma[15] că atât nemurirea sufletului, cât și reîncarnarea reprezintă credințe fundamentale în religia hinduistă modernă. Totuși, este posibil ca Gandhi să nu se fi gândit suficient de mult la deosebirea dintre învierea trupului și nemurirea sufletului. În mod evident, creștinismul din vremea lui le confunda și, într-un mod la fel de evident, tradiția hinduistă le admite pe amândouă. De asemenea, tradiția hinduistă admite un Zeu Unic, ca și o multitudine de zeități, iar Gandhi a clarificat confuzia dintre aceste două idei. După părerea lui Gandhi, „Credința într-un singur Zeu reprezintă piatra unghiulară a tuturor religiilor"[16] și mai mult decât atât

> Eu contest ideea că hinduşii cred în mai mulţi zei... Ei spun, într-adevăr, că există mai mulţi zei, dar afirmă fără posibilitate de confuzie că există un Zeu, Zeul Zeilor... Tot răul se datorează traducerii în engleză a cuvântului *deva*... pentru care nu s-a găsit un termen potrivit decât acela de „zeu". Dar echivalentul pentru zeu este *Ishwara,* iar *Devadhideva* înseamnă Zeul Zeilor. Mă consider un hinduist profund, dar nu am crezut niciodată în mai mulţi zei. Nici măcar în copilărie nu am avut o astfel de credinţă şi nimeni nu m-a învăţat vreodată să cred în aşa ceva[17]... Se vorbeşte despre mulţi zei în *Vede.* În alte scripturi ei sunt numiţi îngeri. Dar de slăvit, *Vedele* slăvesc un singur Zeu[18].

Aşa încât ar fi trebuit să spun mai sus că Yama, întâiul muritor, a fost „ridicat la rangul de înger" şi a devenit înger al Morţilor. Dacă Teoria Punctului Omega este corectă, atunci înseamnă că sufletele noastre nu sunt nemuritoare, că noi nu ne vom reîncarna niciodată, dar, cu toate acestea, vom fi înviaţi şi făcuţi îngeri de cei aflaţi în viaţă în viitorul îndepărtat (să îi numesc, oare, şi pe ei „îngeri"?) şi împreună ne vom apropia de Punctul Omega. Dar niciodată nu vom putea fi Punctul Omega; aceasta este o imposibilitate logică. Probabil că Gandhi ar fi găsit că această imagine este compatibilă cu concepţia hinduistă.

EXISTĂ NEMURIRE ÎN DOCTRINA BUDISTĂ?

Deşi budismul acceptă ideea reîncarnării, învăţaţii budişti (atât cei din Occident, cât şi cei din Asia) continuă dezbaterea privitoare la întrebarea dacă în doctrina budistă există un analog al Raiului creştin. Desigur că scopul budistului este acela de a atinge „Nirvana"; dar părerile specialiştilor în legătură cu echivalenţa dintre „Nirvana" şi „Rai" sunt împărţite.

Fără nicio îndoială „Nirvana" semnifică ieşirea din ciclul reîncarnărilor, o sustragere din nesfârşitul ciclu al renaşterii după moarte, sub forma altor fiinţe vii. Scopul de necontestat al budismului îl constituie sustragerea de la Eterna Reîntoarcere. Dar sustragerea se poate face prin extincţie, deci prin încetarea existenţei, sau prin intrarea într-un lăcaş al fericirii, deci prin intrarea în Rai. Literal, cuvântul „nirvana" înseamnă[19] „extincţie" sau „stingere", ca în „a stinge o lumânare". Acest sens literal nu sună foarte încurajator pentru interpretarea care echivalează Nirvana cu Raiul.

Unul dintre cele mai vechi texte budiste care a supravieţuit până astăzi, Canonul Pali din Sri Lanka, foloseşte în mod foarte clar cuvântul „nemuritor" pentru a descrie starea unei persoane care a ajuns în Nirvana[20]. Cu toate acestea, există în Canonul Pali şi pasaje în care Budha răspunde cu tăcere la întrebările referitoare la starea unei persoane după moarte[21].

Rusul Theodosiev Scerbaţki, profesor de budism la Universitatea din Leningrad în prima jumătate a secolului al XX-lea, a fost principalul susţinător al interpretării ca „stingere". Scerbaţki arăta că termenul „nemuritor", aplicat conceptului de Nirvana, presupune doar că Nirvana este neschimbătoare, fără moarte – şi fără viaţă. În Nirvana nu există moarte repetată şi nici viaţă repetată. El sublinia faptul că în budism există paradisuri similare Raiului, paradisuri în care se poate ajunge prin reîncarnare din lumea obişnuită. Dar ca să eviţi moartea repetată trebuie să dispari pentru totdeauna în Nirvana, devenind nonexistent[22]. Scerbaţki a scos în evidenţă şi faptul că există sisteme hinduiste mai noi, al căror scop îl constituie, fără dubiu, nonexistenţa, şi că în aceste sisteme ţelul final este denumit şi „loc al nemuririi", ceea ce înseamnă că prin atingerea acestui ţel nu va mai exista moarte – adică nu va mai exista moarte repetată. În cadrul acestor sisteme, „nemurire" nu înseamnă „viaţă

veşnică". Scerbaţki a admis[23] faptul că numai câteva şcoli budiste au rămas credincioase „idealului unei Nirvana fără de viaţă şi al unui Budha stins". În primul secol d.Hr., în multe şcoli budiste, Nirvana preluase multe dintre trăsăturile Raiului creştin.

De la Vallée Pousin, profesor de religie la Universitatea din Liège la începutul acestui secol, a fost principalul partizan al interpretării ca „Rai". El susţinea că tăcerea lui Budha la întrebarea legată de viaţa de după moarte semnifică faptul că Budha era neştiutor în privinţa vieţii de după sustragerea din ciclul morţii şi renaşterilor: el pur şi simplu nu ştia dacă Nirvana corespunde vieţii veşnice în Rai sau extincţiei. După de la Vallée Pousin, cei mai mulţi dintre adepţii budismului târziu (dar nu toţi) acceptau ecuaţia Nirvana = Rai.

Mahatma Gandhi era de acord cu de la Valée Pousin şi ridiculiza ideea de Nirvana ca extincţie:

> Fără îndoială *Nirvana* nu înseamnă stingere totală. În măsura în care am putut eu să înţeleg adevărul central al vieţii lui Budha, *Nirvana* este stingerea completă a tot ce este josnic în noi, a tot ce este viciu, a tot ce este corupt şi coruptibil în noi. *Nirvana* nu este pacea neagră, fără de viaţă, a mormântului, ci pacea vie, fericirea vie a sufletului conştient de el însuşi şi conştient de a-şi fi aflat propriul lăcaş, în inima Celui Veşnic[24].

Indubitabil, interpretarea ca „extincţie" nu este compatibilă cu modelul învierii din Teoria Punctului Omega. Totuşi, dacă Budha era cu adevărat neştiutor în privinţa vieţii de după moarte, atunci concepţiile sale puteau fi perfect compatibile cu învierea la viaţa veşnică şi, deci, cu Teoria Punctului Omega. Am observat că, în discuţiile cu americanii adepţi ai unor variate credinţe religioase, budiştii

americani par a fi cei mai entuziasmați de teoria învierii pe care am dezvoltat-o în această carte.

Cuviosul dr. Walpola Rahula este un călugăr budist din Sri Lanka care, pe lângă faptul că ocupă un loc de marcă în diferite instituții monastice de pe acea insulă, a obținut și un doctorat în filosofie în Occident și predă budismul la diferite universități americane (fiind primul călugăr budist care este profesor în America). Din păcate, el nu ne este de prea mare ajutor în problema legată de Nirvana:

> Acum veți întreba: dar ce este Nirvana? S-au scris volume întregi ca răspuns la această întrebare simplă și naturală; dar ele n-au făcut decât să adâncească confuzia în loc să o clarifice. Singurul răspuns rezonabil la această întrebare este că nu i se va putea răspunde niciodată complet și satisfăcător în cuvinte, pentru că limbajul este prea sărac ca să poată exprima natura reală a Adevărului Absolut sau a Realității Ultime care este Nirvana[25]... Nirvana este dincolo de termenii dualității și ai relativismului. Ea este, așadar, dincolo de conceptele noastre de bine și rău, corect și greșit, existență și non-existență. Chiar cuvântul „fericire", folosit pentru a descrie Nirvana, are aici o semnificație cu totul diferită. Odată Sariputta a spus „O, prietene, Nirvana este fericire!" Atunci Udayi a întrebat: „Dar, prietene Sariputta, ce fericire poate fi dacă nu este senzație?" Răspunsul lui Sariputta a fost profund filosofic, depășind înțelegerea comună: „însăși inexistența senzației este fericire"[26].

Eu cred însă că întrebarea lui Udayi este cât se poate de oportună. „Fericirea" este o stare pe care o pot avea numai ființele vii și a fi viu înseamnă a avea senzații, deci, a suporta schimbări de stare. Înseamnă a avea un trup de un fel sau altul. Răspunsul lui Sariputta s-a încadrat perfect în limitele înțelegerii comune: el implică faptul că Nirvana este

extincția totală, dar Sariputta n-a vrut să o spună răspicat. Prin jocuri de cuvinte el a sperat să îl convingă pe Udayi și să se convingă el însuși că moartea totală nu este chiar moarte totală.

Există două mari ramuri ale budismului, Theravada (numită uneori Hinayana) și Mahayana[27], tot așa cum există trei mari ramuri ale creștinismului: romano-catolicismul, protestantismul și ortodoxismul. Interpretarea Nirvanei ca extincție este mult mai răspândită în Theravada decât în Mahayana (Rahula însuși este un adept al budismului Theravada). În concepția budistă Mahayana există numeroși Budha și aceștia încearcă să ne salveze pe noi toți. Două secte japoneze ale budismului Mahayana – Jodo și Shin – susțin că Budha Amida a creat un Tărâm Binecuvântat în care vor ajunge după moarte toți cei ce cheamă numele lui[28]. Majoritatea japonezilor cred[29] astăzi că, dacă vor intona „*Namu Amida Butsu*" („Slavă lui Amida Budha"), vor renaște în acest Tărâm Pur al Fericirii Perfecte. Dacă Teoria Punctului Omega este corectă, atunci atât sectele Jodo, cât și Shin (și majoritatea japonezilor) au dreptate când susțin că (1) Raiul există, (2) el trebuie să fie creat de o Persoană cu mult mai puternică decât orice ființă umană și (3) renașterea sau învierea în Rai nu poate fi obținută prin niciun efort omenesc; Raiul trebuie să ne fie dat de Persoana care l-a creat la început. În sfârșit, imagistica Tărâmului Pur al Fericirii Perfecte pare să implice ființe trupești. Pe scurt, Tărâmul Binecuvântat al budismului japonez pare să fie pe deplin compatibil cu Raiul prezis în Teoria Punctului Omega.

Budismul este desemnat uneori drept o religie ateistă. Gandhi nu era deloc de acord cu această caracterizare:

> Am auzit acest lucru de nenumărate ori și l-am citit în cărți... anume că Budha nu credea în Dumnezeu. După umila mea părere o astfel de idee contrazice

> adevărul central al învățăturii lui Budha... Fără nicio îndoială, el respingea ideea că o ființă numită Dumnezeu ar putea acționa sub imperiul răului, ar putea să se căiască pentru faptele sale și, ca și regii Pământului, ar putea fi supus ispitelor, corupției și ar putea avea favoriți. De aceea, el l-a reinstalat pe Dumnezeu pe locul cuvenit și l-a detronat pe uzurpatorul care, pe vremea aceea, părea să fi ocupat acel Tron Alb. El a reafirmat și a acceptat existența eternă și nealterabilă a ocârmuirii morale a Universului. El a afirmat fără ezitare că Legea este însuși Dumnezeu[30].

Această ultimă frază a citatului din Gandhi sugerează cu putere Condiția la Limită a Punctului Omega, care afirmă că legile care guvernează universul își au sursa în condiția ca viața să evolueze spre Punctul Omega sau, echivalent, că Punctul Omega reprezintă suma istoriilor universale care sunt conduse înspre Punctul Omega, această sumă fiind luată ca o unitate.

UNELE CONCEPȚII AFRICANE DESPRE DUMNEZEU ȘI NEMURIRE

Africanii iau religia *foarte* în serios. S-a spus[31] că în Africa oamenii vorbesc despre filosofie și religie așa cum americanii și europenii vorbesc despre fotbal. Un profesor de la Harvard, care a vizitat de curând Ghana, a fost bombardat cu întrebări teologice de către funcționarii de la aeroport, care citeau Biblia pe sub mese[32]. Astfel că nu este surprinzător faptul că africanii au dezvoltat o teologie destul de sofisticată. Ideea de Dumnezeu ca sumă de cuvinte – sau, în terminologia care-mi este propice, ca program abstract pe computer – care dă viață și conduce universul, este întâlnită într-un imn tradițional al pigmeilor:

La început a fost Dumnezeu,
Astăzi este Dumnezeu,
Mâine va fi Dumnezeu.
Cine poate să facă portretul lui Dumnezeu?
El nu are trup.
El este un cuvânt care-ţi iese din gură.
Acel cuvânt! Nu este mai mult,
Este trecut şi totuşi trăieşte!
Aşa este Dumnezeu[33].

După părerea învăţatului african John S. Mbiti, „Popoarele Africii, fără excepţie, cred că moartea nu anihilează viaţa şi că aceia plecaţi astfel continuă să existe pe lumea cealaltă"[34]. Geoffrey Parrinder[35], celebrul specialist în religii africane, face o remarcă similară. Există totuşi mari diferenţe de opinie în privinţa naturii vieţii de după moarte. Majoritatea africanilor nu văd viaţa de după moarte ca pe un loc în care fiecare primeşte răsplata sau pedeapsa pentru faptele săvârşite în timpul vieţii. Cu puţine excepţii, africanii cred că Dumnezeu îi pedepseşte pe cei răi doar în această viaţă, nu şi în cea care urmează: se crede că pedepsele precum boala, ghinionul sau recoltele slabe sunt suficiente pentru răul comis în această viaţă[36]. Comunitatea Bachwa din Congo crede că după moarte oamenii călătoresc spre Oraşul lui Dumnezeu, unde vor trăi fericiţi fără să sufere greutăţi precum foamea, setea, boala sau moartea şi unde există vânat din belşug[37]. Membrii comunităţii Lozi din Zambia poartă însemne tribale astfel încât să poată fi recunoscuţi şi duşi, în viaţa de după moarte, lângă rudele lor alături de care vor trăi fericiţi. În niciunul dintre aceste două cazuri fericirea aceasta nu trebuie privită ca o răsplată pentru buna comportare din timpul vieţii; ea este pur şi simplu esenţa vieţii de apoi[38]. De asemenea, în ambele cazuri există asemănări şi deosebiri între viaţa de apoi şi viaţa actuală: în viaţa de apoi oamenii au aceleaşi bucurii ca şi în viaţa de acum, dar experienţele neplăcute lipsesc.

Pentru comunitățile Lodagaa din Ghana și Volta Superioară, cel care moare se transformă în stafie chiar în clipa morții și rătăcește în jurul casei sale. În cele din urmă, stafia devine spirit și călătorește spre tărâmul vieții de apoi, unde spiritele deja prezente îl supun pe noul venit la diferite probe a căror asprime depinde de comportarea spiritului înainte de moarte. Dar în final Dumnezeu îi „eliberează" pe toți, iar ei încep să se bucure de viața de după moarte[39].

Comunitatea Yoruba din Nigeria crede că după moarte oamenii ajung în *Ehin-Iwa,* „viața de apoi". Ei au două zicale care scot în evidență ideea că viața de după moarte este mai importantă decât cea actuală și că bucuriile vieții de apoi depind de buna comportare din viața actuală: *„Ehin-Iwa ti 's' egbon oni"* (*Viața de după moarte este superioară celei de acum*) și *„Nitori Ehin-Iwa l' a se nse oni l' ore"* (*Din cauza vieții de apoi tratăm cu ospitalitate ziua de azi*). Membrii înaintați în vârstă ai comunității Yoruba spun[40] în mod obișnuit „Mă duc Acasă" sau „Sunt gata să mă duc Acasă". Dacă o persoană în vârstă este auzită vorbind singură, se presupune că vorbește cu prietenii săi morți sau cu rudele sale moarte. Aceasta este o trăsătură caracteristică a vieții de după moarte prezentă în majoritatea religiilor africane: cei morți mai zăbovesc un timp în preajma celor vii înainte de a pleca pentru totdeauna în ținutul morților. Când cel mort ajunge în *Ehin-Iwa,* el este judecat de Olodumere, zeul suprem. Cei buni primesc locuri în *Orun*-ul cel bun (Rai), acolo unde se află Olodumere și strămbunii, în timp ce cei răi sunt trimiși în *Orun*-ul hârburilor. Poporul Yoruba crede, în contrast cu majoritatea popoarelor africane, că aceia care fac rău suferă pedeapsa veșnică în *Orun*-ul lor; această credință se datorează probabil contactului cu islamul. Viața în *Orun*-ul cel bun este descrisă ca o versiune îmbunătățită a vieții actuale: ea presupune toate bucuriile pământești, mai puțin neplăcerile pământești. Una dintre cele mai importante binefaceri ale

vieții de apoi este aceea că, în *Orun*-ul cel bun, membrii comunității Yoruba vor trăi împreună cu rudele și prietenii lor morți[41].

Pe scurt, viața de după moarte, așa cum este ea prezisă în Teoria Punctului Omega, este compatibilă cu viața de după moarte, așa cum este ea concepută de majoritatea comunităților africane. Viața de după moarte este similară vieții actuale, cu deosebirea că bucuriile noastre de astăzi sunt amplificate, iar aspectele negative ale vieții actuale sunt absente. În particular, morții din tărâmul de dincolo sunt, în concepția africană, la fel de „întrupați" ca și morții altor religii, deși nu există niciun indiciu care să ateste că trupurile de după moarte sunt identice cu trupurile pe care cei morți le-au avut pe când se aflau în viață. Singura deosebire majoră constă în aceea că, în Teoria Punctului Omega, cei morți nu se află după moarte printre cei vii, decât la Învierea Universală. În Teoria Punctului Omega dacă ești mort, ești mort – și asta până când Punctul Omega te scoală din morți.

Raiul în America precolumbiană

Și băștinașii Americii erau adepți ai credinței generale în existența vieții de după moarte. În viziunea aztecilor, clasa socială și circumstanțele morții unei persoane determinau viața sa de după moarte. În niciuna dintre operele aztece care au ajuns până la noi nu există menționată vreo pedeapsă pentru răul comis în timpul vieții. Din nefericire, ținutul morții, Mictlan, în care erau trimiși aztecii din clasa de mijloc, era un loc extrem de neplăcut. Peste el domneau Mictlantecuhtli, un schelet oribil, înconjurat de lilieci și păianjeni, și soția lui, Mictecacihuatl. Ținutul Mictlan se afla sub Pământ, iar călătoria până la el dura patru ani, căci mai întâi trebuia să treci prin nouă universuri subterane. Cei care

mureau înecați, trăsniți sau cei care mureau de lepră erau norocoşi, căci ei ajungeau în Tlalocan, unde duceau o viață fericită şi unde aveau din belşug fasole, porumb şi fructe. În vechiul oraş aztec Teotihuacan există un templu; una dintre picturile existente în acest templu îi reprezintă pe cei morți dansând, cântând şi înotând în ținutul Tlalocan cu râurile, lacurile şi arborii săi de cacao.

Războinicii căzuți în luptă şi acei prizonieri ai aztecilor care erau sacrificați Zeului Soare ajungeau în Casa Soarelui, unde se bucurau de parfumul unor flori minunate şi se duelau unii cu alții în joacă. Femeile care mureau la naştere erau trimise într-o altă Casă a Soarelui, numită Casa Porumbului, de asemenea un loc plăcut[42].

Cunoştințele pe care le aveau despre conceptul maiaş de viață de apoi vin în principal din *Popol Vuh,* cartea sacră a dinastiei Kavek care a condus imperiul maiaş în vremea când spaniolii au cucerit America Centrală. Cartea este povestea călătoriei pe care eroii principali, gemenii Hunahpu şi Xbalanque, au făcut-o în lumea subpământeană. Cei doi frați joacă cu Stăpânii Morții diferite jocuri în care sunt uciși de mai multe ori, dar în final sunt readuşi la viață. În final, gemenii se spintecă în bucăți unul pe celălalt, pentru ca apoi să se readucă unul pe celălalt la viață. Primul şi cel de-al Şaptelea Stăpân al Morții sunt uimiți de această ispravă şi cer să încerce, la rândul lor, această experiență. Gemenii le fac pe plac şi astfel îi distrug pe Primul şi Cel de-al Şaptelea Stăpân al Morții pentru totdeauna. Triumfând astfel asupra morții, Hunahpu şi Xbalanque se înalță din lumea subpământeană şi devin Soarele şi Luna[43].

Fragmente din istoria eroilor gemeni au fost descoperite reprezentate pe numeroase vase de ceramică pictată, recuperate din ținuturile maiaşe, ceea ce sugerează că mitul era o alegorie a ideii pe care maiaşul mediu şi-o făcuse despre viața de după moarte[44]. Michael Coe, specialistul în culturile Americii Centrale, este de părere că[45] povestea

sugerează o credință generală cum că soarta celor care făceau parte din nobilimea maiaşă, cel puțin, nu era dispariția, ci transformarea trupurilor în nişte corpuri cereşti, în mod analog cu transformarea eroilor gemeni în Soare şi Lună.

Etnograful Johannes Wilbert a trăit printre membrii comunității Warao din Venezuela şi a descris în detaliu escatologia acestora[46]. Ei toți privesc viața actuală ca pe nimic altceva decât un mijloc de a se asigura că se vor bucura de nemurire în acel Rai pe care şi-l vor alege. După moarte, fiecare Warao este înmormântat într-o pirogă numită Vaginul lui Dauarani, Zeița Pădurii. Este simbolul întoarcerii în pântece pentru a se putea renaşte apoi la viața de după moarte. Şamanii Warao parcurg în timpul vieții, prin stările de transă şi de vis, drumul până la Raiul pe care şi l-au ales. Acesta le face cunoscute pericolele călătoriei şi îi asigură de faptul că vor supraviețui acestui drum după moarte. Prin moarte, sufletul unui şaman care a slujit în timpul vieții Zeului Nord, să zicem, va călători spre nord până la muntele acestui zeu. La sosire, şamanului i se vor da haine frumoase şi o reşedință aurită, ca a Zeului Nord însuşi. Locuința se află într-o grădină cu minunate flori albe, iar şamanul trăieşte o veşnicie în pace alături de zeu şi de semenii săi şamani. Există raiuri asemănătoare şi plăcute pentru oamenii de rând cu excepția acelora sacrificați ca hrană pentru zeii lumii subpământene. Aceştia, bieții, dispar complet, trup şi suflet.

Credința generală în viața de după moarte este răspândită şi printre băştinaşii Americii de Nord[47]. Țelul suprem al sufletului omenesc îl constituie Tărâmul Morților şi, ca de obicei, descrierile acestui tărâm îl prezintă ca pe o copie a ținuturilor în care locuiesc povestitorii, cu deosebirea că aspectele urâte lipsesc. Băştinaşii din câmpiile de Vest – majoritatea vânători – vedeau viața de după moarte ca pe un „Teritoriu al Vânătorii Fericite", în care cei morți locuiesc

într-o preerie vălurită cu belşug de bivoli pe care ei îi vânează şi din care se ospătează. La răsărit de Mississippi – acolo unde precolumbienii se ocupau mai mult cu agricultura – viaţa de după moarte este descrisă ca o lume cu o bogăţie nelimitată de porumb şi sărbători agricole neîncetate.

Dacă Teoria Punctului Omega este corectă, atunci speranţele băştinaşilor americani se vor împlini. În viziunea despre viaţa de după moarte a băştinaşilor Americii, morţii sunt reîntrupaţi, ei nu sunt spirite imateriale – cel puţin în Tărâmul Morţilor, căci numai fiinţele dotate cu trupuri similare trupurilor celor vii se pot bucura de vânătoare, sărbători şi dansuri. Totuşi, băştinaşii din America de Sud şi America Centrală greşesc în două privinţe. Oamenii obişnuiţi se vor bucura de viaţa de după moarte în aceeaşi măsură cu aristocraţii şi nimeni nu va avea parte de suferinţe.

Viaţa de după moarte în tradiţia iudeo-creştino-islamică

Cititorilor mei le va fi fiind familiară acea imagine a vieţii de apoi desprinsă din tradiţia iudeo-creştino-islamică. Spun aceasta pentru că majoritatea oamenilor care se află astăzi în viaţă sunt sau evrei, sau creştini, sau musulmani. La începutul anilor '80 procentajul[48] celor care măcar se declarau aderenţi la credinţele majore era:

Creştini	32,4%
Musulmani	17,1%
Evrei	0,4%
Hinduişti	13,5%
Budişti	6,2%

Aşadar, cu un deceniu în urmă, evreii, creştinii şi musulmanii reprezentau 49,9% din omenire. În ultimii zece

ani foarte mulți africani s-au convertit la creștinism și islamism, iar rata natalității musulmanilor și creștinilor din emisfera sudică (acolo unde trăiesc, ca și în 1980, cei mai mulți creștini) este cel puțin la fel de mare ca și rata natalității celor din afara tradiției, astfel că astăzi majoritatea oamenilor aparțin tradiției iudeo-creștino-islamice. Din acest motiv mă voi ocupa în special de concepția despre viața de apoi specifică acestei tradiții.

EPOCA MESIANICĂ ȘI LUMEA CE VA SĂ VINĂ ÎN IUDAISM

Ideea de nemurire este destul de recentă în tradiția iudaică[49]. Cea mai veche descriere clară a nemuririi este conținută într-un pasaj din cartea lui Daniel, scrisă în vremea războiului maccabeic (165–160 î.Hr.).

> Și mulți dintre cei care dorm în țărâna pământului se vor scula, unii la viața veșnică, iar alții spre ocară și rușine veșnică. (Daniel 12:2 RSV).

Mecanismul nemuririi descris în acest pasaj constă, în mod clar, în învierea din morți a trupului realizată prin actul direct al lui Dumnezeu. În Manuscrisul de la Damasc, unul dintre faimoasele Manuscrise de la Marea Moartă găsite în grotele din jurul Mării Moarte, imediat după cel de Al Doilea Război Mondial, se arată că Dumnezeu sau Mesia va „... învia morții... păstrând credința celor adormiți în țărână..."[50]. Acest manuscris datează din secolul întâi d.Hr., iar mecanismul nemuririi constă și aici în învierea trupului.

Și totuși, în vremea aceea nu exista o concepție iudaică unitară despre nemurire[51]; căci exista o dispută aprinsă printre evrei în legătură cu posibilitatea nemuririi. Așa cum știu cititorii Noului Testament, fariseii apărau teza nemuririi în forma învierii, în timp ce saducheii le negau pe

amândouă. Saducheii respingeau ideea nemuririi pe motiv că ea nu era menționată în cele mai vechi părți ale Torei (primele cinci cărți ale Vechiului Testament). În cele din urmă, au ieşit primii victorioşi, iar prin secolul al II-lea d.Hr. credința în învierea morților a devenit canonică în iudaism. Aşteptarea învierii este exprimată în cea de-a doua binecuvântare (*Gevurot*) a rugăciunii *Amidah* care formează şi astăzi partea centrală a fiecărui serviciu religios din orice sinagogă şi pe care evreul ortodox o rosteşte de trei ori pe zi:

> *Tu, atotputernic, eşti în veci, Doamne,*
> *Tu învii morți,*
>
> *Tu ai puterea de a mântui...*
> *Tu eşti demn de încredere să învii morții*
> *Binecuvântat eşti Tu, Doamne, Care învii pe cei morți*[52].

Prin tradiție, *Amidah* este considerată creația Bărbaților Marii Sinagogi din secolul al IV-lea î.Hr., dar, de fapt[53], ea a fost compusă pe fragmente în perioada 200–100 î.Hr. Se crede că[54] partea „care învii pe cei morți" a fost adăugată de către farisei în jurul anului 100 î.Hr. ca reacție la negarea de către saduchei a posibilității sale. (În unele cărți de rugăciune ale iudaismului reformat „învii pe cei morți" a fost înlocuit cu „dai viață tuturor". Există numeroşi evrei liberali care nu se împacă cu ideea nemuririi individuale, aşa cum există şi numeroşi creştini liberali.)

Concepția fariseică despre viața de după moarte este cea conținută în Talmudul (babilonian) („Talmud" înseamnă „învățătură"). Concepțiile asumate în Talmud reprezintă indicatori importanți ai gândirii iudaice, căci cartea a fost considerată sacră, de inspirație divină şi aproape egală cu Tora, şi asta de la alcătuirea sa şi până la mişcarea iudaică *Haskalah* (Iluminare) din secolul al XVIII-lea d.Hr. În *yeshivoth*-urile moderne (şcoli religioase iudaice), Talmudul încă reprezintă cea mai importantă, adesea singura, lucrare

studiată. Fiecare tratat (carte) al Talmudului este împărțit în două secțiuni principale: *Mishnah* („repetare"), un scurt rezumat al tezei centrale (redactarea *Mishnah*-lui a fost începută de către învățații care au trăit în Palestina înaintea dărâmării Templului, în 70 d.Hr.; ea a fost terminată în jurul anului 200 d.Hr.), și *Gemara* („încheiere"), un comentariu mult mai amplu la *Mishnah* (*Gemara* a fost încheiată pe la anul 500 d.Hr.). Cel de-al zecelea tratat al Talmudului, *Sanhedrin*, conține o amplă prezentare a vieții de după moarte. *Mishnah Sanhedrin*-ului începe astfel „Tot poporul lui Israel are loc în lumea ca va să vină... Dar iată cine nu are loc: acela care spune că învierea nu e înscrisă în Tora..."[55].

Gemara Sanhedrin-ului aduce trei argumente în sprijinul tezei posibilității învierii, fiecare din ele implicând, în fond, ideea că pentru un Dumnezeu atotputernic a aduce morții la viață e un lucru ușor:

> Un împărat i-a spus lui Rabbi Gamaliel: „Tu zici că morții vor învia; dar ei se fac țărână, iar țărâna poate să învie?" Atunci fiica împăratului i-a spus lui Rabbi: „Lasă-mă pe mine să-i răspund. În orașul nostru sunt doi olari; unul își lucrează [oalele] din apă, iar celălalt din lut: care dintre ei este mai demn de laudă?" „Acela care le face din apă", a spus împăratul. „Dacă El poate face [pe om] din apă [spermă], cu siguranță că El poate face și din lut!"[56]

Ideea este că, dacă modelul este reprodus în materie din nou, atunci originalul este înviat; dacă modelul este copiat, atunci originalul se identifică cu reproducerea. Această afirmație este subliniată încă și mai energic prin al doilea argument:

> Învățătura școlii lui Rabbi Ishmael era aceasta: ea [învierea] se aseamănă sticlăriei: dacă sticla, care, deși este făcută din suflarea omului [suflatul sticlei],

poate fi reparată după ce s-a spart [prin retopire], atunci cu atât mai mult omul, creat din suflarea Celui Preasfânt, binecuvântat fie El[57].

Cel de-al treilea argument reprezintă o extindere a celui dintâi:

> Un ateu i-a spus lui Rabbi Ammi: „Tu spui că cei morți vor învia; dar ei devin țărână, cum poate țărâna să aibă viață?" Rabbi Ammi i-a replicat: „Îți voi spune o parabolă. Acest lucru poate fi comparat cu un rege care a cerut slujitorilor săi să îi construiască un palat într-un loc în care nu există nici apă, nici pământ [pentru a face cărămizi]. Așa că ei s-au dus și l-au construit. Dar după câtva timp palatul s-a dărâmat, iar regele le-a cerut să-l reconstruiască într-un loc în care se găseau și apă și pământ; dar ei i-au spus „Nu putem". Atunci el s-a înfuriat și le-a spus „Dacă ați putut să-l construiți într-un loc în care nu se găseau nici apă, nici pământ, sigur îl puteți construi aici, unde acestea se găsesc!" [Astfel, dacă Dumnezeu poate crea omul fără apă sau pământ, cu siguranță că El poate readuce la viață țărâna lor...] „Dacă totuși" [continuă Rabbi Ammi] „nu crezi, du-te pe câmp și privește șoarecele care astăzi e numai în parte carne și în parte pământ și care totuși mâine se dezvoltă și devine carne. [În comentariul său asupra acestui fragment, Maimonides arată că în vremea aceea unii credeau că există o specie de șoareci care se nasc din pământ.] Și dacă ai să spui «Asta cere timp [pe când învierea trebuie să se petreacă într-o clipă]», du-te în munți și nu vei găsi decât un melc, iar mâine, după ce va fi plouat, vor fi melci peste tot [asta dovedește că Dumnezeu poate crea viața extrem de repede]"[58].

Prima parte a paragrafului precedent accentuează la rândul său că modelul, şi nu materialul din care e construit palatul sau omul, este cel care le defineşte pe amândouă. Fiinţa umană care reproduce modelul unei persoane moarte de mult chiar *este* acea persoană. Partea a doua a pasajului pretinde că învierea este, din punct de vedere strict ştiinţific, perfect plauzibilă.

Talmudul descrie destul de detaliat învierea din morţi; ni se spune[59], de exemplu, că morţii vor învia cu defectele lor şi abia după aceea vor fi lecuiţi, pentru ca să nu se spună „cei care au murit nu sunt aceiaşi cu cei care au înviat"[60]. Să observăm din nou că identitatea modelelor implică identitatea persoanelor.

Următorul fragment este de o importanţă deosebită, căci el demonstrează că înţelepţii autori ai Talmudului priveau persoana ca pe o unitate trup-suflet, şi nu ca pe un suflet zăvorât într-un trup material, aşa cum o gândeau gnosticii şi platonicienii contemporani cu ei:

> Antonius [Marcus Aurelius?] i-a spus lui Rabbi: „Şi trupul şi sufletul se pot sustrage judecăţii. Căci, iată, trupul poate zice: Sufletul a păcătuit, [dovada fiind] că din ziua în care m-a părăsit eu zac în mormânt ca o piatră mută [neputincios]. Iar sufletul poate zice: Trupul este cel care a păcătuit, [dovada fiind] că din ziua în care m-am desprins de el eu plutesc în aer ca o pasăre [şi nu săvârşesc niciun păcat]". Rabbi i-a răspuns, „Am să-ţi spun o parabolă. Cu ce se aseamănă acestea? Cu un rege care are o minunată livadă cu smochini. El pune paznici doi oameni, un olog şi un orb. [Într-o zi] ologul îi spune orbului «Iată, văd nişte smochine minunate în livadă. Ridică-mă pe umerii tăi ca să le culegem şi să le mâncăm». Aşa că ologul se urcă pe umerii orbului, culese smochinele şi le mâncară. După un timp veni şi stăpânul livezii şi-i întrebă «Unde sunt

acele smochine frumoase?» Ologul răspunse: «Oare am eu picioare să pot umbla?» Orbul zise: «Oare am eu ochi ca să pot vedea?» Şi atunci ce-a făcut stăpânul? L-a suit pe olog pe umerii orbului şi i-a judecat dimpreună. Tot astfel şi Cel Preasfânt, binecuvântat fie El, va lua sufletul, îl va pune în trup şi le va judeca pe acestea laolaltă, căci scris este «El strigă spre ceruri sus şi spre Pământ, ca să judece pe poporul Său» (Psalm 50:4 KJV). «El strigă spre ceruri sus» – se referă la suflet; «şi spre pământ, ca să judece poporul Său» – se referă la trup"[61].

Există însă şi unele pasaje care sugerează faptul că sufletul platonician, şi nu unitatea trup-suflet, va lua parte la viaţa de după moarte. De exemplu, scena morţii lui Rabbi Jochanan ben Zakkai, aşa cum este relatată în tratatul *Berachot* (28b). Când discipolii veniră la el, Rabbi începu să plângă. Ei îl întrebară „Lumina lui Israel, Stâlp al dreptăţii, Ciocan al Tăriei, de ce plângi?" El răspunse zicând că plânge pentru că sufletul său, care-i va supravieţui trupului, va trebui să se înfăţişeze judecăţii de nepătruns a Domnului[62]. Totuşi, ideea conform căreia trupul şi sufletul urmau să aibă o aceeaşi viaţă după moarte a fost împărtăşită de majoritatea covârşitoare[63] a gânditorilor evrei până în secolul al XI-lea d.Hr., când neoplatonismul a început să câştige adepţi. Dar concepţia platoniciană despre suflet, ca substanţă independentă, a fost respinsă fără rezerve de cel mai mare filosof evreu din Evul Mediu, Moses ben Maimon, cunoscut în istorie sub numele de Maimonides (1135–1204 d.Hr.). În ultimul dintre faimoasele sale Treisprezece Articole, în care Maimonides rezumă ceea ce consideră a fi cele treisprezece credinţe fundamentale evreieşti, se arată că „învierea va veni atunci când va vrea Creatorul"[64]. Cele Treisprezece Articole sunt încă prezente, într-o formă abreviată în cartea rugăciunilor iudaice, în rugăciunea *Yigdal*; cel de-al treisprezecelea verset al său spune:

Dumnezeu îi va readuce la viață pe cei morți.
Lăudat fie în veci minunatul său Nume![65]

Rugăciunea *Yigdal* este recitată astăzi în multe sinagogi la începutul serviciului religios de dimineață. În al său *Commentary to Mishnah Sanhedrin*, Maimonides arată: „Învierea morților este fundamentul tuturor marilor principii ale lui Moise, învățătorul nostru, iar aceia care nu cred în ea nu au în ei nici religia și nici aderența la religia iudaică..."[66].

Spunând aceasta, Maimonides a pornit să văduvească învierea de semnificația sa reală, pretinzând că ea este valabilă numai pentru Epoca Mesianică, o perioadă de exact o mie de ani înainte de începerea *adevăratei* vieți de apoi, care va dura veșnic. Această adevărată viață de apoi este Lumea-Ce-Va-Să-Vină. Morții ar urma să învie în Epoca Mesianică, dar ei vor trăi ca unitate trup-suflet vreme de numai o mie de ani. Adevărata viață de apoi este o existență spirituală ale cărei desfătări, noi, ființe temporale supuse scurgerii timpului, nu le putem înțelege. Maimonides încerca să facă tradițională credință iudaică în înviere consistentă cu fizica aristotelică, pentru care numai intelectul receptiv era nemuritor. (Observăm aici influența dualismului platonician asupra lui Aristotel.) O consecință a acestei viziuni era că prea puțini oameni ar putea spera în nemurire, și anume aceia care și-au pregătit mentalul pentru eternitate prin contemplație. Oamenii obișnuiți nu ar fi nemuritori, de vreme ce viața de după moarte nu e dată de Dumnezeu ca un premiu pentru bună purtare și nu e dată nici din dragoste. (Oricum, aceia care nu sunt intelectuali ar detesta viața în această Lume-Ce-Va-Să-Vină a lui Maimonides.) Unul dintre principalele argumente aduse de Maimonides în spiritul tezei naturii spirituale a vieții de după moarte era acela că există ființe necorporale – și anume, Dumnezeu și îngerii – și, de aceea, și viața necorporală este posibilă. În cartea sa *Treatise on Resurrection*, Maimonides afirma:

„Noi credem cu tărie – şi acesta este adevărul pe care îl acceptă orice fiinţă inteligentă – că în lumea ce va să vină vor exista suflete fără trupuri, fiind ca şi îngerii“[67].

Concepţia lui Maimonides despre nemurire a fost aspru criticată – de către Hasdai ben Abraham Crescas (1340–1410 d.Hr.), de exemplu. Crescas susţinea că dreptatea lui Dumnezeu presupune nemurirea pentru toţi cei buni, nu doar pentru intelectuali. El a arătat că, dacă nemurirea ar fi rezultatul dobândirii cunoaşterii, atunci ar putea fi obţinută prin studiul geometriei – un lucru evident absurd. Trupul înviat este necesar în viaţa de apoi pentru ca unitatea dintre trupul şi sufletul care au acţionat împreună în timpul vieţii să-şi poată primi răsplata sau pedeapsa. Cât despre vechea întrebare care se referea la modul în care puteau fi aduse la un loc elementele disparate care formaseră trupul, Crescas i-a dat răspunsul tradiţional conform căruia un Dumnezeu atotputernic poate face asta foarte uşor, dar a pretins că nici nu este neapărat necesar. Dacă Dumnezeu ar crea un corp identic cu primul ca temperament, formă şi memorie, şi dacă l-ar înzestra cu vechiul suflet, atunci această creaţie ar fi *chiar* fiinţa originală[68]. Concluzia pe care eu o trag în capitolul 9 este aceeaşi.

După Maimonides, efectul filosofiei greceşti şi, mai târziu, al gândirii seculare asupra rabinilor devine tot mai pronunţat, astfel că după epoca medievală este dificil să se definească o concepţie iudaică distinctă despre mecanismul nemuririi. Unii gânditori evrei, ca, de exemplu, fondatorul mişcării hasidice din secolul al XVIII-lea, Israel ben Eliezer (cunoscut ca Beshat, da la primele litere din Ba-al Shem Tov, „Stăpân al bunului nume“), au continuat să accentueze natura pământească a vieţii de apoi. După părerea lui Beshat, experienţa Paradisului nu poate fi aceeaşi pentru toţi; fiecare merge acolo unde poate experimenta bucuria în felul său. Exemplul lui Beshat este acela al unui căruţaş care se trezeşte purtat într-o lume imaginară, în care primeşte patru cai

magnifici şi în care drumurile sunt întotdeauna uscate şi bine nivelate. Cei fără carte vor avea nemurirea în lumea lor imaginară ideală[69]. Ea este în mod esenţial aceeaşi cu viaţa de după moarte din Teoria Punctului Omega.

ÎNVIEREA MORŢILOR CONTRA NEMURIRII SUFLETULUI ÎN CREŞTINISM

În creştinism a existat întotdeauna o tensiune esenţială între cele două mecanisme ale nemuririi: nemurirea care decurge din natura predefinită a sufletului – Platon arăta că, fiind imaterial, sufletul (raţional) nu poate fi distrus şi, de aceea, este nemuritor – şi învierea trupului prin actul divin. Aceasta din urmă este descrisă cu multă însufleţire în traducerea greşită a unui pasaj crucial din Cartea lui Iov (19:25–27), datorată Sf. Ieronim şi inclusă în Vulgata, care a rămas vreme de secole versiunea folosită a Bibliei de către Biserica Romano-Catolică:

> Căci eu ştiu că Izbăvitorul meu e viu şi în ziua cea din urmă mă voi ridica din pământ. Şi mă voi îmbrăca din nou în pielea mea, şi în carnea mea îl voi vedea pe Dumnezeu. Pe care eu însumi îl voi vedea şi pe care ochii mei îl vor privi, iar nu altul: aceasta este nădejdea pe care o păstrez în inima mea[70].

În cadrul unei importante Conferinţe Ingersoll[71], ţinută la Universitatea Harvard şi intitulată „Nemurirea sufletului sau învierea morţilor?", teologul elveţian Oscar Cullmann arăta că, la început, semiţii vedeau fiinţa umană ca pe un trup animat, ca pe o unitate trup-suflet şi nu ca pe un suflet imaterial zăvorât într-un trup muritor. De aceea, pentru evreii din vremea lui Iisus (şi, implicit, pentru Iisus însuşi), nemurirea trebuia să însemne mai curând învierea

trupului decât supraviețuirea unui suflet nemuritor. Cullmann a prezentat nemurirea sufletului, pe care el o consideră concepția despre nemurire a grecilor prin contrast cu concepția evreilor despre înviere. După părerea teologului romano-catolic Edward Schillebeeckx[72], acest contrast a fost „mai mult sau mai puțin unanim acceptat" de teologii creștini[73] la sfârșitul secolului al XX-lea. Iată cum îl formula celebrul teolog elvețian protestant Karl Barth: „În ce constă nădejdea creştină din această viață?... Într-un mic suflet care, ca un fluture, zboară deasupra mormântului şi este păstrat undeva ca să poată trăi veşnic? Aşa vedeau păgânii viața de după moarte. Dar nu asta este nădejdea creştină. «Eu cred în învierea trupului»"[74].

Afirmația lui Cullmann, conform căreia dihotomia specific grecească dintre trup şi suflet se află în contrast cu ideea semitică de unitate, îşi găseşte ecou în analiza vizunii taoiste făcute de către un specialist francez în cultura chineză:

> Dacă taoiştii aflați în căutarea longevității nu o concepeau ca pe o nemurire spirituală, ci una materială, aceasta nu reprezenta o alegere a uneia dintre mai multele soluții posibile, ci unica soluție posibilă pentru ei. Lumea greco-romană a adoptat rapid obiceiul de a plasa Spiritul şi Materia în opoziție, iar varianta religioasă a acestei atitudini o reprezintă concepția despre un suflet de natură spirituală ataşat unui trup material. Dar chinezii nu au separat niciodată Spiritul şi Materia... Dimpotrivă, trupul era considerat o unitate... Astfel că numai prin perpetuarea, într-o formă sau alta, a trupului se putea concepe continuarea vieții unei personalități ca întreg[75].

Cu toate acestea, în a sa Conferință Ingersoll din 1956, la un an după Conferința Ingersoll ținută de Cullmann,

istoricul de la Harvard, Harry Wolfson[76], a respins argumentul lui Cullmann cu privire la scena morții lui Rabbi Jochanan ben Zakkai, amintită mai sus. Wolfson a evidențiat faptul că rabinul a trăit în Palestina în jurul anului 100 d.Hr., ceea ce indică acea credință în nemurirea sufletului prezentă în Palestina în timpul lui Iisus. Alte câteva exemple de concepții privitoare la nemurirea sufletului împărtășite de unii dintre contemporanii lui Iisus au fost aduse de Nickelsburg[77] și Schillebeeckx[78]. Nu suntem surprinși să aflăm că evreii din Palestina împărtășeau o credință în nemurirea sufletului în epoca în care a trăit Iisus, căci până atunci Palestina fusese înglobată vreme de secole diferitelor imperii greco-romane și, încă de la Platon, cel puțin, credința în nemurirea sufletului era un fapt obișnuit în aceste imperii. Întâmplător este incorect să desemnăm nemurirea sufletului drept „concepția greacă". Este mai corect să-i spunem „concepția platoniciană" de vreme ce Aristotel, de exemplu, definea „sufletul" prin „forma activității trupului" – și este, în esență, cea pe care Cullmann o numea viziunea semitică. Întrucât Aristotel nu credea în învierea trupului, el nu credea nici în nemurirea individuală[79]. Se pare că nu există niciun dubiu cu privire la faptul că primii creștini credeau mai curând în învierea morților decât în teoria platoniciană. De fapt, unul dintre primii critici păgâni ai creștinismului, Celsus, ridiculiza, în 185 d.Hr., concepția creștină despre nemurire tocmai din acest motiv:

> Ce cred creștinii că se întâmplă după moarte?... [Ei spun] că mergem într-un alt tărâm, diferit de acesta și mai bun decât el[80]... Creștinii... au înțeles greșit doctrina despre reîncarnare a lui Platon și cred în teoria absurdă care susține că trupul va fi înălțat și reconstituit de Dumnezeu și că îl vor putea vedea pe Dumnezeu cu ochii lor muritori și îl vor auzi cu urechile lor și că vor fi în stare să-l atingă cu mâinile lor[81].

Aşa cum a accentuat Pannenberg[82], importanţa reală a operei lui Cullmann nu rezidă atât în faptul de a fi stabilit că Iisus şi primii creştini împărtăşeau credinţa în învierea morţilor, opusă nemuririi sufletului, ci în descoperirea faptului că nădejdea biblică în înviere este independentă de concepţia despre sufletul nemuritor. Întrebarea care se pune este: dacă aceste concepţii sunt independente, atunci de ce în creştinism, chiar de la începuturile sale, ele apar ca îngemănate? Din nou, răspunsul este dat de Pannenberg (ca şi de Flew, în toate lucrările sale pe tema nemuririi): pentru a se asigura continuitatea între persoana moartă şi cea vie, astfel încât cele două să poată fi identificate. Pentru d'Aquino, sufletul se comportă „ca un cod genetic" al esenţei individului la înviere[83].

Pannenberg[84] subliniază că, în general, teologia contemporană – şi mai ales teologia protestantă contemporană – încearcă să le identifice prin argumentul că persoana de acum nu este codificată numai în structura spaţio-temporală a clipei prezente, ci şi în Dumnezeu. De aceea, cel mort poate reveni la viaţă în Dumnezeu. Este exact ceea ce se întâmplă în Teoria Punctului Omega atunci când din conul luminos al evenimentelor trecute (de pe frontieră şi din interior) se extrage suficientă informaţie pentru a reconstitui fiinţa originală (persoana în original), după cum observa Pannenberg[85]. Am arătat în capitolul 9 că este posibil să se extragă o astfel de informaţie şi, de fapt, identificarea se poate face fără continuitate, utilizând teoria identităţii din fizica cuantică. Astfel că sufletul nemuritor nu este necesar pentru scopul său central şi, de aceea, propun să îngropăm această idee. Baza sa fizică a fost desfiinţată de ştiinţa fizicii cu mult timp în urmă[86].

Ca exemplificare a celei mai recente concepţii creştine despre înviere ca viziune opusă nemuririi sufletului, ne vom referi la descrierea nemuririi realizată de fizicianul (şi preotul anglican) John Polkinghorne. Modelul său pare a

fi similar modelului învierii din Teoria Punctului Omega, „... preferința creștină în ceea ce privește natura omului concordă cu acceptarea ebraică a unității sale și nu cu divorțul dintre suflet și trup, specific concepției grecești... Speranța este legată mai curând de înviere decât de supraviețuire, de reconstituirea omului ca întreg într-un mediu ales de Dumnezeu... Nu există nimic de importanță particulară în constituenții fizici ai trupurilor noastre. Modelul pe care ei îl formează este cel care constituie expresia fizică a personalității noastre neîntrerupte. Nu pare să existe nicio dificultate în a ne imagina un astfel de tipar care se dizolvă prin moarte și este re-creat într-un alt mediu prin actul învierii. În termenii unei analogii aproximative, ar fi ca și transformarea software-ului unui program pe computer („modelul" personalității noastre) de la un suport hardware (trupul nostru în această lume) la altul (trupul nostru în lumea ce va să vină). Pare o idee coerentă din punct de vedere științific"[87].

În ciuda acestor cuvinte, Polkinghorne respinge modelul învierii din Teoria Punctului Omega, pentru că el pretinde oamenilor să fie mașini cu stări finite: „... instinctul meu îmi spune că acest mod de gândire este prea reducționist, prea atomist"[88]. Pentru a putea judeca valabilitatea criticii aduse va trebui să precizăm ce anume înțelegem prin acest cuvânt cu multiple înțelesuri, „reducționism".

DEFINIȚIA „REDUCȚIONISMULUI"

Eu însumi m-am declarat „reducționist" în tot cuprinsul acestei cărți. Prin aceasta am vrut să spun că, în mare, orice fenomen este „la temelia sa" un fenomen fizic care poate fi descris – măcar în principiu – de fizică. Dar există cel puțin trei tipuri de reducționism. Cea mai clară clasificare a acestor tipuri a fost făcută, după părerea mea, de

biologul evoluționist Francisco Ayala, care numește[89] categoriile de reducționism astfel: (1) reducționism *ontologic,* (2) reducționism *epistemologic* și (3) reducționism *metodologic.*

REDUCȚIONISMUL ONTOLOGIC pretinde că la cel mai fundamental nivel „materia" realității nu *este* constituită din nimic altceva decât din forțele și particulele pe care le studiază fizica. Acest gen de reducționism este cel pe care îl accept. Cred că există dovezi zdrobitoare – cu o obiecție pe care o voi discuta mai jos – că acest gen de reducționism nu este doar un construct al mentalului uman, ci este, de fapt, o proprietate a naturii. Cu alte cuvinte, această versiune de reducționism reprezintă o afirmație despre structura realității ultime, independent de factorul cultural. Reducționismul ontologic reprezintă un enunț despre *cum* sunt lucrurile și tocmai de aceea este numit „ontologic", ceea ce în filosofie înseamnă „studiul despre natura ființei". Atunci când afirm că ființa umană este un obiect cuantic care poate fi descris în mod *exact* de un program ce codifică 10^{45} biți de informație, eu introduc un enunț care ține de reducționismul ontologic. Tocmai reducționismul ontologic îmi permite să demonstrez că într-o zi vom fi readuși la viață de către Punctul Omega.

REDUCȚIONISMUL EPISTEMOLOGIC susține că se poate arăta *întotdeauna* că teoriile și legile empirice specifice unui domeniu al științei reprezintă cazuri speciale ale legilor formulate într-un alt domeniu al științei. Spre deosebire de reducționismul ontologic, acest tip de reducționism constituie o afirmație despre modul în care ființele umane văd lumea și nu despre lumea însăși. Eu nu accept acest gen de reducționism. Exemplul tipic de reducționism epistemologic constă în presupusa „reducere" a termodinamicii clasice la mecanica statistică a atomilor. Dar această reducere nu este exactă; de exemplu, Principiul al Doilea al Termodinamicii nu mai constituie o lege care nu admite nicio excepție, căci în limita unui număr mic de atomi pot

exista fluctuații în care Principiul al Doilea să fie încălcat. Spunem că Principiul al Doilea reprezintă o lege valabilă la un „nivel mai înalt" de analiză. Ne folosim de Principiul al Doilea pentru că, în general, el dă rezultate corecte fără a mai fi nevoie de calculele mai complicate pe care ar trebui să le efectuăm dacă am apela întotdeauna la teoriile de nivel scăzut.

În plus, dacă acceptăm reducționismul ontologic, este întotdeauna posibil, în principiu, ca un intelect de capacitate enorm de mare în raport cu orice intelect uman să se dispenseze de nivelurile superioare de descriere pe care noi, simple ființe umane, le socotim întotdeauna esențiale. Se poate stabili când este necesar un nivel superior celui ontologic: şi anume, ori de câte ori *complexitatea Kolmogorov* este suficient de mare pentru ca mintea omenească să nu poată vedea întregul în părțile sale.

Complexitatea Kolmogorov[90] a unui fenomen se defineşte drept cel mai mic număr de biți de informație necesari pentru a descrie exhaustiv fenomenul dat. Limita Bekenstein ne spune că un astfel de număr există. O ființă umană poate fi descrisă exhaustiv prin 10^{45} biți, chiar dacă este posibil ca acest număr să nu reprezinte adevărata complexitate Kolmogorov; o ființă umană poate fi mai simplă de atât. Dar ştim că nu este mai complicată de atât (în condițiile în care mecanica cuantică şi reducționismul ontologic sunt corecte).

Dat fiind că limitările minții omeneşti nu sunt neapărat valabile pentru orice minte posibilă, reducționismul epistemologic e fals. De exemplu, chiar Ayala arată că noțiunile de adaptare, prădător, organ, heterozigot şi sexualitate sunt concepte biologice particulare care nu pot fi transpuse în enunțuri referitoare la molecule. Totuşi, dacă aceste concepte se aplică exclusiv ființelor vii din universul vizibil, atunci Limita Bekenstein arată că 10^{123} biți de informație sunt suficienți (deşi, poate, nu necesari) pentru o

transpunere *exactă* a noțiunilor de potrivire etc., în termenii stărilor câmpurilor cuantificate. Prin comparație, o carte obișnuită codifică ceva între 10^6 și 10^7 biți, iar creierul omenesc, aproximativ 10^{15} biți. Niciun fenomen a cărui complexitate Kolmogorov depășește 10^7 biți nu poate fi descris într-o singură carte, iar dacă complexitatea sa depășește 10^{15} biți, el nu poate fi înțeles de nicio ființă umană. Întrucât multe dintre fenomenele pe care le abordăm zilnic au o complexitate chiar mai mare de 10^{15} biți – societatea umană, de exemplu, căci ea constituie un sistem format dintr-un mare număr de oameni, fiecare având o complexitate de 10^{15} biți sau mai mult – inventăm teorii de nivel superior pentru a le putea descrie. Dar, ca o consecință, aceste teorii de nivel înalt introduc simplificări și astfel pot da răspunsuri incorecte dacă problemele abordate sunt prea complexe. Dar o Ființă cu un intelect suficient de puternic *ar fi* capabilă să dea răspunsul corect, căci o asemenea Ființă ar fi în stare să se ocupe direct de teoria de nivel scăzut care, așa cum arată Limita Bekenstein, corespunde unu-la-unu realității fizice. Pe scurt, transpunerea conceptelor biologice ale lui Ayala este imposibilă *numai* dacă se impune în plus constrângerea ca această transpunere să fie inteligibilă pentru mintea omenească.

În fine, să ne amintim întotdeauna că o teorie considerată total ireductibilă de o anume generație devine reductibilă pentru generația următoare. La începutul secolului al XIX-lea mulți chimiști credeau că legile chimiei nu s-ar putea reduce *niciodată* la cele ale fizicii. Dar la sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea s-a demonstrat această reductibilitate. Adesea, când merg de-a lungul coridoarelor clădirii științelor naturale de la Tulane, acolo unde se află biroul meu, trec pe lângă o sală de clasă în care predă un profesor de chimie și aud o prelegere despre mecanica cuantică a atomilor, prelegere practic imposibil de deosebit de o prelegere despre atomi susținută de un profesor

de fizică. Chimia s-a redus din punct de vedere epistemologic la fizică. Iar toată această carte reprezintă apărarea punctului meu de vedere, a afirmației că am redus, din punct de vedere epistemologic, teologia la fizică. Observați totuși că eu nu pretind că noi, oamenii, îl putem înțelege pe Dumnezeu în totalitatea Sa cu ajutorul fizicii. Descrierea completă a lui Dumnezeu ar necesita o infinitate de biți de informație, iar omul nu poate coda decât 10^{15}, o cantitate infinit de mică. Dar *ne putem* folosi de fizică pentru a înțelege proprietățile esențiale ale lui Dumnezeu, în special acele proprietăți care ne interesează cel mai mult: puterea și dorința lui Dumnezeu de a ne învia pe toți și a ne aduce la viața veșnică.

REDUCȚIONISMUL METODOLOGIC pretinde căutarea explicațiilor *întotdeauna* la cel mai scăzut nivel de descriere teoretică, în final, chiar la nivelul atomilor și moleculelor sau al altor particule elementare care compun obiectele studiate. Oamenii de știință găsesc util acest reducționism, dar el are limitări. De exemplu, dacă se aplică întotdeauna reducționismul metodologic, atunci în niciun calcul nu se mai poate apela la termodinamica clasică; ar trebui ca de fiecare dată să se realizeze calcule mult mai complicate care implică atomii. Și eu, ca și toți ceilalți fizicieni, îmi iau libertatea de a folosi în calculele mele Principiul al Doilea al Termodinamicii, fără a face neapărat referire la entitățile fizice subiacente care se supun celui de-al Doilea Principiu. Un asemenea procedeu constituie o respingere tacită a reducționismului metodologic.

Dar reducționismul metodologic poate reprezenta adesea un instrument puternic de testare a valabilității teoriilor de nivel mai ridicat. De exemplu, eu am folosit teoriile specifice sociobiologiei și microeconomiei pentru a face predicții cu privire la acțiunile ființelor inteligente în viitorul îndepărtat. În particular am folosit aceste teorii pentru a

prezice că aceste fiinţe vor avea dorinţa de a ne învia şi a ne aduce la o viaţă de care ne vom bucura. Sunt încredinţat că aceste teorii sunt corecte pentru că este clar că pot fi (epistemologic) reduse la fizica informaţiei, un domeniu extrem de solid al fizicii. *Metoda* mea a constat în a folosi reductibilitatea la fizică drept piatră de încercare a adevărului pentru o teorie de nivel mai ridicat.

Pe baza definiţiei cuvântului „maşină" în teoria calculabilităţii, oamenii sunt „maşini" dacă ei reprezintă, într-adevăr, un anume gen de model. Aşa cum am arătat cu ajutorul Limitei Bekenstein, teoria cuantică a câmpului le cere să fie finite, codificând maximum 10^{45} biţi. Teoria învierii impune acceptarea reducţionismului *ontologic* şi nu a celui epistemologic. Totuşi, Polkinghorne pretinde[91] că îl acceptă pe cel dintâi (pe care îl numeşte „reducţionism structural"; pe cel epistemologic îl numeşte „reducţionism conceptual"). Părerea mea, după ce i-am citit exemplele care apar în discuţia reducţionismului[92], este că el nu crede cu adevărat în reducţionismul structural.

Respingerea *de facto* a reducţionismului ontologic de către oamenii de ştiinţă care pretind că îl acceptă este, din păcate, destul de obişnuită. Un alt exemplu este întâlnit într-un recent schimb de idei dintre marele fizician Steven Weinberg şi eminentul evoluţionist Ernst Mayr, în paginile remarcabilei reviste de ştiinţă britanice, *Nature*. Poziţia adoptată de Weinberg este aceeaşi cu a mea: acceptarea reducţionismului ontologic (pe care el îl numeşte „reducţionism obiectiv") şi respingerea reducţionismului epistemologic. Mayr susţine[93] că poziţia lui este aceeaşi (el numeşte reducţionismul ontologic, „reducţionism constitutiv", iar pe cel epistemologic, „reducţionism explicativ"). Dar el trage concluzia că, „chiar dacă SSC-ul duce la descoperirea bozonului Higgs sau la vreo altă descoperire echivalentă, neîncrederea mea în reducţionismul explicativ mă determină

să mă îndoiesc de faptul că o astfel de descoperire ar influența cu ceva înțelegerea de către noi a lumii de mijloc [lumea «dintre atom şi sistemul solar»]. Dar tocmai în această lume se află problemele pe care omul va trebui să le rezolve dacă e să supraviețuiască". Aşa cum a răspuns Weinberg[94], o descoperire anterioară situată la nivelul lumii subatomice – fisiunea nucleară – a avut deja un impact profund asupra lumii de mijloc. Această descoperire ne-a obligat să adâncim înțelesul pe care îl dăm unui fenomen important al lumii de mijloc, „războiul": când este războiul „doar război"? (Un război nuclear nu este doar un război.) De fapt, neîncrederea în reducționismul constitutiv, şi nu în cel explicativ, îl duce pe Mayr la îndoială. Una dintre consecințele reducționismului ontologic este posibilitatea principală ca fenomenele la scară mică să se amplifice (sau să fie amplificate) şi să capete importanță la scara lumii de mijloc. Dacă Teoria Punctului Omega este adevărată, atunci supraviețuirea a tot ce este viu – şi nemurirea individuală a tuturor oamenilor – depinde de natura realității la un nivel mult mai adânc chiar decât cel pe care SSC-ul l-ar fi probat. Modelul reprezentat de noi înşine este acum codificat, în principal, în lumea de mijloc, dar într-o zi, o emulație a întregii lumi de mijloc – lumea vieții noastre viitoare – va fi codificată în maşini submicroscopice. Şi, aşa cum am arătat în capitolul 4, dacă SSC-ul detectează bozonul Higgs pentru o anumită masă (220 GeV), atunci SSC-ul – dacă va fi vreodată completă – va oferi anume indicii că Teoria Punctului Omega este corectă.

Weinberg a explicat[95] „reducționismul obiectiv" ca pe un fapt al naturii, şi nu ca pe o proprietate a teoriilor noastre, referindu-se la „săgețile explicației ştiințifice" care, aşa cum s-a dovedit în ultimele secole, indică o sursă comună din lumea microscopică. El a scos în evidență faptul că lucrurile nu stau aşa cu necesitate: „S-ar fi putut să se învârtă în cerc. Şi încă e posibil... Dacă principiul antropic ar

fi adevărat, atunci naturii i-ar fi specific un anume caracter circular...". Eu susțin că trebuie să existe o direcție a explicației care, prin însăși natura ei, trebuie să fie îndreptată în sus și nu în jos. Este vorba despre Condiția la Limită Universală. Chiar și tentativele de renunțare la Condiția la Limită Universală, prin care se permite tuturor posibilităților să se realizeze, se folosesc de săgeata antropică (slabă) care, de asemenea, este îndreptată în sus. Ceea ce afirmă Principiul Antropic Ultim – cel pe care uneori l-am numit Principiul Dirac–Dyson al Vieții Veșnice – este că unica încălcare a reducționismului ontologic va consta în Condiția la Limită Universală care spune că, global, viața trebuie să fie veșnică.

GRĂDINA ISLAMULUI

Conform cu *Cow* Sura[96] (capitol) din Coran și cu tradiția islamică, Coranul i-a fost dictat cuvânt cu cuvânt lui Mahomed de îngerul Gabriel. Mahomed n-a făcut decât să le recite scribilor săi ceea ce-i spusese Gabriel. De fapt, cuvântul „Qur'an" înseamnă în limba arabă „Recitare". Întrucât Coranul i-a fost dictat cuvânt cu cuvânt lui Mahomed de către Dumnezeu sub chipul lui Gabriel și întrucât Dumnezeu a hotărât să îl dicteze în araba medievală, Coranul nu poate fi tradus; dacă el este redat în altă limbă, este vorba despre o „interpretare", nu o traducere[97].

În viziunea specifică a Coranului, esența învierii este aceeași cu cea prezentată în această lucrare: cel înviat este o creație nouă, replică a celui mort demult[98]. Aceasta constituie părerea împărtășită de toți învățații Islamului occidental și este exprimată fără echivoc în acea Sura din Coran care se numește *Călătoria Nocturnă*:

> *[Necredincioșii spun] „Cum, când suntem oase și fărâme, vom mai fi noi creați din nou?"*

Oare nu au văzut că Dumnezeu, care a creat cerul şi pământul, poate să creeze ceva asemenea lor?[99]

Într-un alt pasaj din *Călătoria Nocturnă,* Mahomed sugerează faptul că morţii nu reprezintă numai originalul reasamblat, ci o formă nou creată, afirmând că şi acei morţi a căror substanţă a fost complet transformată în altceva vor fi creaţi din nou:

Ei spun „Cum, când suntem oase şi fărâme,
vom mai fi noi creaţi încă o dată?"
Voi spuneţi: „De aţi fi pietre, sau fier
sau altă monstruozitate pe care v-o puteţi imagina!"
Atunci ei vor spune „Cine ne va aduce înapoi?"
Voi spuneţi: „Acela care v-a creat întâia oară"[100].

În teologia Ash'ari, care apără[101] teoria „atomistă", această recreare a individului atunci când vine Ceasul este valabilă pentru întregul univers; este doctrina conform căreia Dumnezeu distruge şi recreează universul în mod continuu, clipă de clipă. O astfel de concepţie este destul de asemănătoare concepţiei despre corpul omenesc specifice noii teorii cuantice a câmpului, conform căreia acesta este anihilat şi re-creat de mai multe ori pe secundă.

În Sura numită *Învierea,* Mahomed compară creaţia prin înviere cu crearea unei fiinţe umane în pântecele matern:

N-a fost el doar o picătură de spermă?
Şi apoi a fost un cheag de sânge,
iar El l-a creat, l-a format
şi l-a făcut de două feluri, bărbat şi femeie.
Cum, oare nu este El în stare să învie morţii?[102]

Întrucât morţii înviaţi reprezintă o nouă creaţie, sufletul moare odată cu corpul. Nu mai rămâne nimic care să

poată suporta vreo experiență în intervalul dintre moarte și înviere: moartea e ca un somn adânc, fără vise. Morții vor fi creați din nou cu amintirile pe care le-au avut în clipa dinaintea morții și, astfel, li se va părea că învierea se petrece *imediat* după moarte[103]. Despre această absență a timpului subiectiv în intervalul dintre moarte și înviere se vorbește de multe ori în Coran; în Sura *Grecii,* de exemplu:

> *În ziua când va veni Ceasul, păcătoșii vor zice că n-au zăbovit mai mult de o oră; deci ei sunt pervertiți. Dar cei cărora le-a fost dată cunoașterea și credința vor spune „Ai zăbovit în Cartea Domnului până în Ziua Înălțării. Aceasta este Ziua Înălțării, dar tu n-ai știut"*[104].

(Precizez în trecere că în Sura *Grecii,* morții apar ca o înregistrare în cartea lui Dumnezeu, adică o simulare în Mentalul Divin.) În Sura *Ta Ha,* citim din nou:

> *În ziua aceea se va sufla în trâmbiță și noi îi vom aduna în ziua aceea pe cei nelegiuiți; și ei își vor șopti unul celuilalt „Ați zăbovit numai zece nopți".*
> *Noi știm ce vorbesc ei, dacă spune cel mai de frunte dintre ai lor*
> *„Ați zăbovit numai o zi"*[105].

Acest mecanism al învierii le permite celor care au pierit slujind Islamul să experimenteze deliciile Paradisului imediat după moarte, chiar dacă timpul cosmic scurs între clipa morții și Ziua Judecății poate fi de mai multe miliarde de ani. Așa cum spune Mahomed în Sura numită *Casa Imran-ului:*

> *Nu-i socotiți morți pe cei uciși pe calea Domnului, ci socotiți că ei trăiesc în Dumnezeu, de El întreținuți, bucurându-se de mărinimia pe care Dumnezeu a revărsat-o asupra lor*[106].

Unii învățați din Occident[107] consideră că această experiență instantanee a Paradisului este inconsistentă cu concepția conform căreia moartea implică anihilarea individului și, de aici, cu posibilitatea unei vaste perioade de timp scursă între moartea individului și Ziua Judecății, dar eu nu sunt de acord cu ei. Este clar că unui individ înviat cu toate amintirile pe care le-a avut în clipa dinaintea morții, învierea îi apare ca survenind instantaneu. Cred că acești învățați din Occident n-au reușit să realizeze deosebirea dintre viziunea Coranului și cea a Islamului timpuriu – care *este* consistentă cu experiența instantanee a Paradisului – și cea specifică Islamului târziu.

Starea dintre moarte și înviere a ființei umane este cunoscută sub numele de *barzakh*. Coranul nu ne spune decât puține lucruri despre această stare; excepție face următorul pasaj din Sura *Îngeri:*

> *Orbul și cel ce vede nu sunt deopotrivă,*
> *nici întunericul și lumina,*
> *umbra și căldura toridă;*
> *cel mort și cel viu nu sunt deopotrivă.*
> *Dumnezeu îl face să audă pe cel pe care-l vrea El;*
> *tu însă nu-i poți face pe cei din morminte să audă*[108].

Este clar de aici că morții nu-i pot auzi pe cei vii, că ei nu au conștiință, că dacă ai murit, atunci ești mort până la înviere. Atunci *barzakh* nu prezintă niciun interes pentru nimeni, fiindcă nu contribuie cu nicio experiență la viața celui înviat. Acesta este motivul pentru care Coranul abia dacă menționează această stare, iar Islamul timpuriu, urmând Coranul, o aduce numai rareori în discuție, căci Coranul subliniază că această perioadă durează (ca timp subiectiv) cât ai clipi din ochi[109]. Dar după câteva secole această idee s-a transformat, astfel încât se credea că morții pot auzi, că starea *barzakh* este o stare conștientă, iar fragmentul de mai sus a fost reinterpretat astfel încât semnificația lui să fie

exact contrară celor spuse în el[110]. Eu bănuiesc că această schimbare s-a datorat influenței pernicioase a dualismului platonician asupra Islamului, așa cum a fost și cazul unei modificări similare în creștinism (vezi mai sus). Dar, chiar și în Islamul modern, nu există decât puțini susținători ai unei vieți de după moarte de natură pur spirituală[111].

Adevărata inconsistență valabilă atât pentru Islamul timpuriu, cât și pentru cel modern este contradicția dintre enunțul „nu există salvare în afara bisericii" și dragostea lui Dumnezeu pentru toate făpturile Sale. Toate Surele din Coran încep cu fraza „În numele lui Dumnezeu Milostivul, Înțelegătorul"; în Sura *Început* se spune despre Dumnezeu că este „... Mult-Milostiv, Mult-Compătimitor"; în Sura *Femei* se spune că El este „Atotiertător" și „Atotînțelegător". (În araba modernă superlativele „Mult-Milostiv" și „Atotînțelegător" îi sunt rezervate numai lui Dumnezeu.) Dar dacă Dumnezeu este „Mult-Milostiv" și „Atotînțelegător", nu va ierta El pe cel care-L respinge cu onestitate intelectuală? Se știe că părinții își iartă progeniturile care îi resping. Cu siguranță că un Dumnezeu „Mult-Milostiv" și „Atotînțelegător" ar fi cel puțin la fel de iertător ca un părinte. Iudaismul și creștinismul modern au rezolvat o contradicție similară, respingând teza „*Extra Ecclesium nulla salus*" („nu există mântuire în afara bisericii"), ca să citãm[112] cuvintele folosite de Al Patrulea Conciliu din 1215 d.Hr. De exemplu, Al Doilea Conciliu al Vaticanului din 1964 invoca argumentul, menționat mai sus, al dragostei și milei Domnului, ajungând la concluzia că: „Aceia care nu din vina lor nu cunosc Evanghelia lui Hristos și a Bisericii Sale, dar îl caută pe Dumnezeu cu inimă curată și încearcă să împlinească voia lui așa cum este ea recunoscută în comandamentele conștiinței, în faptele insuflate de lucrarea harului său, pot ajunge la mântuirea veșnică"[113]. Pannenberg a dat acestei expresii o formulare superbă: „Iisus și mesajul său trebuie privite ca un *criteriu* și nu ca un *mijloc* indispensabil de-

salvare"[114]. Cât despre iudaism, Talmudul (*Mishnah Sanhedrin*) afirmă că „arienii cucernici" vor primi „o parte" din lumea ce va să vină[115]. Iudaismul s-a aflat cu mult înaintea creştinismului, de vreme ce redactarea Talmudului a fost încheiată în secolul al IV-lea d.Hr., iar marile biserici creştine n-au adoptat decât în acest secol o poziţie similară.

Mare parte a adepţilor Islamului nu a adoptat această atitudine. Mulţi musulmani au depăşit-o – de exemplu, Salih Tug, profesor de islam în Turcia, care se referă[116] la Iad ca la un „spital spiritual" pentru cei ale căror suflete trebuie curăţate de tot răul pe care l-au acumulat în timpul vieţii, cu rezultatul că în cele din urmă toţi oamenii vor ajunge în Rai. Smith şi Haddad subliniază[117] că, în Islamul tradiţional, singurul păcat de neiertat, numit *shirk,* constă în negarea explicită a unicităţii absolute (*tawhid*) a lui Dumnezeu. Astfel că, în opinia cvasitotalităţii teologilor musulmani, aceşti indivizi împreună cu cei care resping cuvântul Domnului (*kafir*-ii [necredincioşii]) sunt condamnaţi pe *vecie* la Focul Iadului[118]. Ea este ilustrată de următorul pasaj din Sura *Femei*: „Cu siguranţă că pe necredincioşi, care au făcut rău, Dumnezeu nu-i va ierta şi nici nu-i va conduce pe un alt drum decât cel al Gheenei, ca să rămână acolo o veşnicie; iar asta pentru Dumnezeu e lucru uşor"[119]. O tradiţie minoritară deduce[120] implicaţia evidentă din condiţia de „Mult-Milostiv" şi „Atotiertător" a lui Dumnezeu, afirmând că, în final, Dumnezeu îi va mântui pe *toţi* oamenii, inclusiv pe aceia care nu au nicio urmă de bine în ei, salvându-i de la Focul Iadului. Teoria Punctului Omega este de acord cu această minoritate: opţiunea nemuririi ne va fi dată tuturor, fără excepţie. Totuşi, Teoria Punctului Omega este în acord cu credinţa musulmană generală în absoluta unicitate a lui Dumnezeu; însuşi numele ei arată aceasta: Punctul Omega este un *punct,* altfel spus o entitate unică. Unicitatea absolută a lui Dumnezeu reprezintă o teoremă matematică în Teoria Punctului Omega.

Nu mă aştept ca în timpul vieţii mele Islamul să depăşească contradicţia dintre credinţa (corectă) în mila lui Dumnezeu şi credinţa (eronată) în pedeapsa veşnică. Teologul sudanez Mahmoud Mohamed Taha arăta[121] că acele versete din Coran, pe care Mahomed le-a rostit înainte de a prelua puterea în Medina, au valabilitate eternă, în timp ce acelea pe care le-a rostit după preluarea puterii sunt valabile numai pentru perioada vieţii lui Mahomed. Dacă acest punct de vedere ar fi acceptat, atunci contradicţia ar fi rezolvată, de vreme ce versetele referitoare la învierea generală, pe care le-am citat mai sus, datează din perioada Mecca[122], în timp ce versetele despre pedeapsa veşnică datează probabil din perioada de la Medina[123]. Din păcate pentru Islam, Taha a fost judecat şi condamnat pentru erezie de către înaltul Tribunal Musulman al Sudanului şi executat prin spânzurare la 18 ianuarie 1985. Ziaristul iranian Ali Dashti[124] a făcut o distincţie similară între Mahomed la Mecca şi Mahomed la Medina. Drept consecinţă, după revoluţia islamică din Iran, Dashti a fost închis şi torturat. A murit probabil datorită acestui tratament, în decembrie 1981 sau ianuarie 1982. Alte exemple recente de opoziţie faţă de depăşirea contradicţiei centrale se găsesc într-o istorie datorată lui Pipes[125].

teoria punctului omega şi creştinismul

Ca să subliniez caracterul ştiinţific al Teoriei Punctului Omega, voi afirma aici că în prezent sunt obligat să mă consider ateu, în sensul literal, că nu sunt teist. (A-teu înseamnă „non-teist".) Nici nu cred încă în Punctul Omega. Teoria Punctului Omega este o teorie ştiinţifică viabilă despre viitorul universului fizic, dar singura probă în favoarea sa este frumuseţea teoretică, întrucât până acum nu avem nicio dovadă experimentală care să o confirme. Deci, din punct de vedere ştiinţific, nimeni nu este obligat să o accepte în momentul în care eu scriu aceste cuvinte. Aşa că nu o accept nici eu. Flew[1], printre alţii, a făcut – după părerea mea – un caz convingător din prezumţia de ateism. Dacă Teoria Punctului Omega şi toate variantele sale posibile nu se confirmă, atunci cred că ateismul în sensul lui Flew, Hume, Russell şi al altora care s-au prezentat drept atei reprezintă singura alternativă raţională. Dar, evident, cred şi că Teoria Punctului Omega are mari şanse să fie corectă, căci altfel nu m-aş fi obosit să scriu cartea aceasta. Dacă Teoria Punctului Omega va fi confirmată, mă voi considera şi eu un teist.

Ateismul meu actual nu este contrazis de numeroasele citate din Biblie, Coran, Talmud, *Rig Veda* şi din alte

cărți pe care unii le consideră sfinte. Am citat descrierile învierii care apar în aceste cărți pentru a demonstra că învierea, emulație prezisă de Teoria Punctului Omega, este în esență cea în care nădăjduiește tradiția iudeo-creștino-islamică. Personal nu cred că celor care au scris aceste cărți li s-a revelat cunoașterea pe care o dețineau. Cred, mai curând, că dacă din motive de etică se postulează învier universală și se adoptă o concepție non-dualistă cu privir relația dintre trup și suflet, atunci caracteristicile de bază învierii decurg cu necesitate. În particular, cred că descr rea, în Evanghelia după Luca, a trupului înviat al lui Iisus s bazează pe o astfel de analiză logică; nu cred că autorul Evangheliei după Luca se referea la propriile sale observații sau la lucruri pe care un martor ocular i le-ar fi descris personal. Aproape toți experții în Biblie consideră că Evanghelia după Luca reprezintă o sursă secundară care are la bază Evanghelia după Marcu a cărui versiune originală nu conține nicio descriere a lui Iisus după înviere.[2] Cu toate acestea, interesant este faptul că, pe măsură ce ne apropiem de versiunea originală a Evangheliei după Luca, ea ne apare ca fiind tot mai consistentă cu teoria învierii a Punctului Omega. De exemplu, dacă trupul post-pascal al lui Iisus a fost un trup înviat, atunci la descoperirea finală de discipolii săi el ar fi dispărut pur și simplu, n-ar fi fost văzut suindu-se la cer; acum se știe că fraza „... și s-a suit la cer" nu apare în cea mai veche dintre versiunile cunoscute ale Evangheliei după Luca. Dacă s-ar dovedi că Evanghelia după Luca a fost redactată suficient de devreme pentru ca autorul ei să fi putut consemna relatările execuției lui Iisus făcute de martori oculari și dacă s-ar demonstra că el a transcris astfel de mărturii, atunci ar trebui să reconsider respingerea creștinismului (dar nu și respingerea tuturor celorlalte miracole descrise în Evanghelia după Luca; vezi paragraful următor). Faptul că Evanghelia după Marcu este anterioară celei după

Luca, după cum se acceptă, vine în sprijinul acestei respingeri ca şi aluzia din Evanghelia după Luca 1:1–5 că autorul nu face altceva decât să consemneze o bogată tradiţie orală şi că el scrie la mult timp după moartea martorilor oculari. Experţii în Biblie sunt în consens[3] când afirmă că Evanghelia după Luca a fost redactată între anii 80 şi 85 d.Hr., ceea ce înseamnă că a fost scrisă la vreo 50 de ani după moartea lui Iisus. De aceea, este foarte puţin probabil ca ea să conţină relatări ale vreunui martor ocular şi, chiar dacă ar conţine, o astfel de mărturie nu ar prezenta nicio garanţie – şi asta din motive pe care le voi enunţa mai jos.

Oricum, pentru un nespecialist ca mine este interesant faptul că autorii recentei Biblii Anchor, considerată îndeobşte a reprezenta o remarcabilă serie de comentarii moderne asupra Noului Testament, se află într-un profund dezacord în ceea ce priveşte data redactării Evangheliei după Luca. Este unanim acceptat faptul că Evanghelia după Luca şi Faptele Apostolilor constituie lucrarea aceluiaşi autor şi au fost alcătuite cam în aceeaşi perioadă (Prologul Evangheliei după Luca şi Prologul Faptelor afirmă ele însele acest lucru). Dar Johannes Munck, care a scris *Comentariile Faptelor Apostolilor*[4] cuprinse în Biblia Anchor, dă ca perioadă de compunere a Evangheliei după Luca şi a Faptelor începutul anilor 60 d.Hr., în timp ce Joseph Fitzmyer, care a scris *Comentariile la Evanghelia după Luca*[5] din Biblia Anchor, acceptă consensul biblic asupra perioadei 80–85 d.Hr. ca dată de redactare. Christopher S. Mann, autorul *Comentariilor la Evanghelia după Marcu*[6] din Biblia Anchor, este de acord cu Munck în privinţa datei redactării. Judecând numai după dovezile[7] din cele trei comentarii, menţionate mai sus, ale Bibliei Anchor, concluzia mea este că greutatea acestora vine în sprijinul perioadei timpurii de redactare şi că data asupra căreia experţii s-au pus de acord este greşită. Principalul argument în sprijinul părerii mele a fost exprimat

de multe ori în decursul secolelor. Iisus prezice în multe pasaje (de exemplu, Luca 19:42–44) distrugerea Ierusalimului. Dacă autorul Evangheliei după Luca ar fi ştiut că Ierusalimul a fost distrus în fapt (şi a fost, de către fiul împăratului Romei, în 70 d.Hr.), este foarte probabil ca el să fi menţionat această distrugere ca pe o confirmare a puterilor profetice ale lui Iisus. Un autor nu pierde nicio ocazie de a prezenta dovezi care îi confirmă teoria. Eu am încercat, evident, să prezint în această carte toate dovezile cunoscute care confirmă Teoria Punctului Omega. De exemplu, în capitolul 4 am menţionat pretinsa detectare a quarkului top în octombrie 1992. Dacă bozonul Higgs ar fi fost detectat, constatându-se că masa sa este cea prezisă de mine, cu siguranţă că aş fi anunţat, chiar din primul paragraf al acestei cărţi, confirmarea Teoriei Punctului Omega. Întrucât în Evanghelia după Luca nu există nicio menţiune lipsită de ambiguitate a distrugerii de fapt a Ierusalimului – armata romană care a distrus oraşul s-a aflat mai întâi sub comanda unui om care a părăsit asediul Ierusalimului pentru a deveni împăratul Romei şi apoi sub comanda fiului acestuia, deci întregul imperiu ştia despre distrugerea Ierusalimului – cea mai probabilă variantă este ca Evanghelia după Luca să fi fost scrisă înainte de anul 70 d.Hr. Altfel spus, supoziţia raţională este că ea a fost redactată înainte de 70 d.Hr. După părerea lui Mann, Munck şi a mea, experţii adepţi ai consensului nu au furnizat suficiente motive pentru ca această prezumţie să fie pusă la îndoială.

Data mult mai timpurie de redactare ar fi treizeci de ani după moartea lui Iisus, nu cincizeci, şi ar fi plauzibil ca Luca să fi putut sta de vorbă cu martori oculari care pretindeau că l-au văzut pe Iisus cel înviat. Eu bănuiesc (ca şi Munck şi Mann) că acordul experţilor cu privire la dată se bazează mai mult pe presupoziţii fizice şi teologice decât pe dovezi biblice; o dată ulterioară de redactare ar înlătura posibilitatea ca Evanghelia după Luca să conţină orice

relatare a vreunui martor ocular despre Iisus cel înviat şi, în plus, ar lăsa posibilitatea ca Evanghelia după Luca să fie o rescriere a Evangheliei după Marcu, a cărei versiune originală nu conţine nicio descriere a lui Iisus după înviere. Caz în care Luca nu face decât să consemneze o povestire mitică despre învierea lui Iisus. Caz în care nu este necesar să întreţinem ideea posibilităţii ca Iisus să se fi sculat cu adevărat din morţi. Caz în care nu există nicio inconsistenţă stânjenitoare între Biblie şi faptul observat că morţii nu învie. Caz în care „adevărul" central al creştinismului este un fals[8], iar creştinismului i s-ar permite să dispară sau să devină o mişcare politică.[9] Cu toate acestea, întrucât personal nu cred în învierea lui Iisus (vezi mai jos), sunt fericit să accept consensul experţilor în Biblie.

În plus, există dovezi pregnante că fariseii care constituiau secta iudaică dominantă în vremea lui Hristos (după cum se arată în Fapte, Sf. Pavel însuşi a fost fariseu înainte de a deveni creştin) şi care, ca şi creştinii, credeau[10] în învierea din morţi, considerau că, la înviere, trupul este unul „angelic", adică un trup având multe dintre caracteristicile trupului lui Iisus cel înviat, aşa cum sunt ele descrise de Luca. Istoricul contemporan Iosif (şi el fariseu) a ţinut în anul 67 d.Hr. un discurs despre viaţa de după moarte, în care a accentuat[11] faptul că trupurile înviate reprezintă versiuni mult îmbunătăţite ale trupurilor actuale. Astfel, dovezile sunt zdrobitoare că descrierea, datorată lui Luca, a trupului lui Iisus după înviere nu e decât descrierea trupului înviat în concepţia fariseică – îngerii Vechiului Testament sunt prezentaţi ca având puterea de a îşi modifica înfăţişarea după dorinţă şi de a dispărea şi apărea în încăperi zăvorâte.[12] Întrucât descrierea conţinută în Evanghelia după Luca este doar consemnarea a ceea ce evreii primului veac aşteptau de la înviere, concluzia mea este că asemănările trupului lui Iisus după înviere cu trupul înviat prezis de Teoria Punctului Omega nu reprezintă decât o coincidenţă.

Miracolele şi mecanismul Babbage

Interesant este faptul că integrarea învierii lui Iisus (ca şi a naşterii din fecioară etc.) în Teoria Punctului Omega este imediată – universul pe care îl observăm în mod obişnuit este tot o simulare – dar nu naturală şi nici unică: *orice* minune poate fi integrată în această teorie. De fapt, fondatorul ştiinţei informaticii, Charles Babbage, a demonstrat[13] că *orice* miracol dat poate fi inclus în condiţiile iniţiale ale *oricărei* teorii fizice deterministe în care universul este generat prin simulare. Dar dacă un miracol este inclus *a priori,* unde ne oprim? Lecţia ştiinţei este clară: lăsaţi miracolele deoparte. Pe de altă parte, dacă s-ar fi putut demonstra că învierea lui Iisus este în vreun fel esenţială pentru existenţa Punctului Omega, atunci învierea sa n-ar mai constitui un miracol; ea ar decurge din Condiţia de Frontieră a Punctului Omega. Din fericire, consensul experţilor asupra datei redactării Noului Testament ne permite să evităm o discuţie serioasă a posibilităţii ca mecanismul Babbage să fi funcţionat în anul 30 d.Hr. Asemănarea frapantă dintre trupul lui Iisus după înviere, aşa cum este el descris de Luca, şi trupurile pe care le vom avea după ce vom fi înviaţi de Punctul Omega este doar o coincidenţă.

De ce nu sunt creştin

Sf. Pavel afirma în Întâia Epistolă către Corinteni 15:14 că „dacă Hristos n-a înviat, zadarnică este atunci propovăduirea noastră şi zadarnică este şi credinţa voastră" (RSV). Sunt de acord cu Pavel şi, având în vedere importanţa învierii lui Iisus – dacă ea s-a produs, merită să arăt în detaliu de ce nu cred în învierea lui. Personal cred că dovezile vin, de fapt, în sprijinul ideii că descrierile lui Iisus

cel înviat erau descrieri ale unui gen de viziune amplificată prin relatare. Aceasta fiind părerea mea chibzuită despre respectivele dovezi, nu mă consider creştin.

Dar existența unor dovezi suplimentare m-ar putea determina să-mi schimb părerea. Natura dovezilor suplimentare a fost elucidată de Antony Flew în cadrul controversei[14] sale cu creştinul Gary Habermas: trebuie elaborată o teologie naturală care să ne spună că trebuie să ne aşteptăm la o excepție de la regula „morții nu învie" în contextul experimentat de către discipoli. După ce voi enumera motivele care mă determină să nu cred în Iisus cel înviat ca fapt istoric, voi descrie pe scurt modul în care aceste argumente solide împotriva ideii învierii lui Iisus se transformă, în prezența teologiei naturale adecvate, în argumente zdrobitoare în favoarea sa. Totuşi, accentuez încă o dată că eu nu cred că Iisus a înviat cu adevărat din morți. Cred că trupul lui a putrezit în vreun mormânt. Mai mult, cred că, chiar dacă discipolilor săi le-a apărut după moarte ca o „viziune", această „viziune" nu a fost câtuşi de puțin un fenomen obiectiv; dacă a existat, n-a putut fi decât o halucinație colectivă. Cei mai mulți teologi creştini moderni sunt de acord cu această afirmație.[15]

Punctul meu de vedere este cel al lui David Hume: faptului empiric că morții nu învie trebuie să-i fie acordată importanța cuvenită împotriva mărturiei oamenilor. În a sa *An Enquiry Concerning Human Understanding*[16], Hume dă un număr de exemple care demonstrează că mărturia oamenilor, chiar cunoscuți ca respectabili, nu poate fi crezută: exemplul pe care îl consider cel mai convingător este acela al portarului catedralei care pretindea că a făcut să-i crească la loc piciorul retezat, frecând ciotul cu ulei sfințit. Potrivit afirmației cardinalului catolic care a raportat evenimentul, refacerea a fost atestată de un mare număr de persoane din oraş, inclusiv de toți canonicii de la catedrală. Nici cardinalul, nici Hume şi nici eu nu credem că s-a produs în fapt o

astfel de refacere. Ideea principală exprimată de Hume – o idee la care subscriu – este că pot apărea iluzionări în masă; că, dacă oamenii beneficiază de suficient timp ca să vorbească între ei, iluzia poate căpăta consistență; și că în cazurile în care oamenii încearcă să interpreteze un eveniment ieșit din comun, iluziile sunt asemănătoare. Ținând seama de posibilitatea unei astfel de iluzionări, legea naturală – confirmată de miliarde de ori de toți oamenii de pretutindeni – conform căreia morții nu învie trebuie să cântărească mai greu decât mărturiile în sprijinul contrariului ei.

Noi dispunem de o experiență mult mai vastă în privința iluzionărilor în masă decât Hume, experiență dobândită în primul rând în procesul investigării OZN-urilor. Lumea modernă nu crede în mesagerii Domnului – îngerii, ci în viața extraterestră inteligentă; în societatea modernă, superființele de pe alte stele joacă același rol psihologic pe care l-au jucat îngerii în trecut. (Personal nu cred în niciunele.) Articolul[17] astronomului Frank D. Drake „On the Abilities and Limitations of Witnesses of UFOs and Similar Phenomena", apărut în *UFO's – A scientific Debate,* prezintă un interes special. Pe scurt, raportul lui Drake arată că în 1962 două mingi de foc extrem de strălucitoare – un fel de meteoriți – au făcut explozie deasupra statului Virginia de Vest, în jurul orei 22, la interval de o lună una de alta. Astronomii au pornit să adune fragmentele de meteoriți și să intervieveze oamenii în legătură cu ceea ce văzuseră. Știm ce ar fi trebuit ei să vadă, căci mingile de foc sunt fenomene fizice bine studiate, așa încât interviurile urmăreau testarea observărilor efectuate de martori nespecialiști, confruntați brusc cu fenomene care nu le erau familiare. Citez acum cele mai importante părți ale raportului lui Drake:

> Primul lucru pe care l-am învățat a fost că amintirile unui martor despre astfel de întâmplări neobișnuite

pălesc foarte repede. La o zi după, aproape jumătate din numărul relatărilor erau eronate; după patru zile, numai 10% sunt corecte; după cinci zile, oamenii povestesc mai mult ceea ce îşi imaginează decât ceea ce este adevărat. A devenit clar faptul că mai târziu ei reconstruiau în imaginaţie un eveniment bazat pe amintirea estompată a ceea ce se întâmplase... Faptul cel mai curios este că o parte a martorilor ambilor meteoriţi au declarat că auziseră un zgomot puternic atunci când văzuseră mingea de foc. Şi, uimitor, sunetul era descris ca acela făcut de slănina prăjită, în ciuda faptului că martorii nu luaseră legătura unii cu alţii.[18]

Drake arată apoi că aproape 14% din numărul martorilor amintiţi în literatura referitoare la meteoriţi vorbesc despre acest zgomot, deşi marea majoritate a martorilor nu îl amintesc şi deşi câteva calcule simple demonstrează că stimulii vizuali nu ar fi putut fi însoţiţi de niciun fel de sunet. El sugerează ideea că această iluzie sonoră s-ar putea datora unei străfulgerări senzoriale care se produce în creier la apariţia unor stimuli puternici cărora nu li se asociază nicio interpretare.

În perspectiva acestui experiment, cred că acum este imposibil să se determine cauza care a dus la relatările despre Iisus cel înviat. Se admite că apariţiile sunt „evenimente stranii", în afara experienţei observatorilor. Fapt general acceptat, cele mai vechi rapoarte s-au redactat după ani, şi nu zile, de la producerea evenimentelor. Există, în literatura de psihologie[19], un număr de exemple despre modul în care observaţii eronate şi fraude reale pot genera iluzii colective. Iluziile colective sunt un lucru obişnuit în ceea ce priveşte observarea OZN-urilor, atât de obişnuit încât sunt cunoscute sub numele de „panica OZN". Câţiva oameni declară că au văzut OZN-uri, relatările lor îi determină pe alţii să privească cerul şi să se înşele asupra identi-

tăţii unor obiecte naturale, generând astfel noi rapoarte; dintr-un motiv sau altul, oamenilor li se pare amuzant să falsifice OZN-uri, provocând astfel observări ale unor OZN-uri false. Există un număr *imens* de escrocherii în rapoartele despre evenimente stranii.[20] Chiar şi printre fizicieni versaţi pot apărea iluzii colective. Cel mai bun exemplu în acest sens este celebra iluzie cu privire la razele N[21], când într-o prestigioasă publicaţie ştiinţifică franceză au apărut peste o sută de articole în care erau descrise observaţii ale unui fenomen – razele N – inexistent. Ceea ce mi se pare a fi în mod special relevant pentru descrierile observării lui Iisus cel înviat este faptul că în multe dintre aceste articole se arată că lemnul nu emite raze N. Observatori versaţi au căzut de acord asupra unei proprietăţi a unei radiaţii care nu există. Relevanţa stă în aceea că în cazul razelor N avem un exemplu de iluzie colectivă care implică între zece şi o sută de persoane şi generată de observaţii „independente" desfăşurate într-o perioadă de timp de aproximativ un an. El demonstrează că nişte oameni bine intenţionaţi care vin în contact pot ajunge la un acord cu privire la detaliile unui fapt imaginar.

Ţinând seama de fraudele şi observaţiile eronate care însoţesc toate relatările evenimentelor neobişnuite şi având în vedere faptul că se cunosc iluzii împărtăşite de grupuri comparabile de persoane în intervale de timp comparabile, eu cred că relatările despre Iisus cel înviat sunt insuficiente pentru a putea anula faptul observat că „morţii nu învie".

Uneori, noi, oamenii de ştiinţă, suntem cei care greşim, iar ţăranii analfabeţi care povestesc evenimente stranii sunt cei care au dreptate. Exemplul clasic în acest sens este chiar cel al meteoriţilor. Până la 1800, aproape toţi oamenii instruiţi credeau că „Nu există pietre în cer, deci din cer nu pot să cadă pietre". Cercetările care au făcut ca părerea celor informaţi să se schimbe au fost conduse de

marele fizician francez Biot; în articolul cu titlul „Natura dovezii ştiinţifice: un rezumat“[22], datorat binecunoscutului astrofizician american Philip Morrison, poate fi găsită o analiză a cercetărilor lui Biot. Analiza lui Morrison prezintă condiţiile pe care dovezile trebuie să le îndeplinească pentru ca fizica să acorde credit excepţiilor de la legi empirice bine stabilite, şi pe baza acestor condiţii se stabileşte că ipoteza învierii lui Iisus lasă de dorit. Dacă un „fapt“ istoric supus atenţiei nu este consistent cu ştiinţa fizicii, atunci el trebuie să se încadreze nu numai în standardele istoriei, ci şi ale fizicii.

Aş putea să ofer aici propria mea opinie în legătură cu ceea ce s-a întâmplat, de fapt, la „învierea“ lui Iisus, dar mă abţin, căci este numai supoziţie şi sunt de acord cu Flew – din motivele pe care le-am enumerat anterior – care spune că după două mii de ani de la respectivele rapoarte nu se poate stabili cu exactitate ce anume le-a cauzat.

Pe de altă parte, dacă Cristologia, pe care o expunem în următorul subcapitol, ar avea dreptate (şi e aproape sigur că nu are), atunci învierea lui Iisus, aşa cum este ea descrisă de Luca, ar fi perfect acceptabilă ca fenomen fizic. Revenind la povestea cu teoria meteoriţilor, menţionată mai înainte, una dintre piedicile acceptării existenţei meteoriţilor consta în absenţa unei teorii care să susţină că aceştia există. La vremea când Biot realiza observaţiile sale, Laplace avansa Ipoteza Nebulară de formare a sistemului solar. În cadrul Ipotezei Nebulare ne aşteptăm la posibilitatea existenţei în spaţiul interplanetar a unor fragmente de rocă, ce au dăinuit până în momentul de faţă. Astronomia s-a transformat dintr-un bastion al puternicelor argumente empirice împotriva existenţei meteoriţilor, într-un suport al lor. Aşa cum am arătat în subcapitolul anterior, acelaşi lucru s-ar putea întâmpla şi în dezvoltările viitoare ale Teoriei Punctului Omega, dar am mari îndoieli în privinţa asta.

Punctul Omega nu este (probabil) o divinitate trinitară

Nu este foarte dificil să descriem Punctul Omega ca pe o divinitate trinitară. Dar făcând acest lucru, nu trebuie să pierdem din vedere faptul că noțiunea de Treime divină se află întotdeauna la limita dintre erezia triteistă – care susține că Tatăl, Fiul şi Sfântul Duh sunt trei divinități separate şi egale – pe de o parte, şi erezia modalistă – care susține că Trinitatea reprezintă trei moduri de manifestare ale unui singur Dumnezeu adevărat – pe de altă parte. Sabellius, probabil cel mai important reprezentant al modalismului din punct de vedere istoric, susținea că acele trei Persoane sunt trei moduri de manifestare ale lui Dumnezeu în acelaşi sens în care Soarele este strălucitor, fierbinte şi rotund.[23] Întrucât am fost prevenit, dați-mi voie să încerc să evit ambele erezii. Am evidențiat în capitolul 6 faptul că Sfântul Duh, identificat cu funcția de undă a universului constrâns de Condiția de Frontieră a Punctului Omega, nu este decât o modalitate de referire la Punctul Omega; astfel identificate, Punctul Omega şi Sfântul Duh nu reprezintă decât două modele matematice (în final echivalente) ale Realității Personale, prima scoțând în evidență transcendența, iar cea din urmă, imanența. Erezia modalistă este evitată pentru că modurile aparțin analizei şi nu Punctului Omega însuşi.

Cea de-a Doua Persoană este mai interesantă şi, în mai mare măsură, problematică. Aici scopul constă în a construi un model pentru felul în care o Ființă poate fi în acelaşi timp om şi Dumnezeu unic. Şi, iarăşi, erezia este aproape imposibil de evitat. Dacă se accentuează prea mult latura sa umană, atunci Hristos devine o simplă creatură, deci creația de cel mai înalt rang, dar câtuşi de puțin Dumnezeu: aceasta este erezia ariană. Dacă se accentuează prea mult latura sa divină, atunci Hristos devine un fals om,

de fapt Dumnezeu pretinzându-se om. Din punct de vedere istoric, cel mai important exemplu în acest sens este cel al ereziei lui Apollinaris, conform căreia Iisus nu avea suflet omenesc şi întreaga sa personalitate a fost formată prin Cuvânt.[24] În contextul Teoriei Punctului Omega, ambele erezii pot fi evitate. Ca să înţelegeţi aceasta, amintiţi-vă că în capitolul 7 am arătat că este posibil ca toate creierele umane să aibă acces la nivelul gravitaţiei cuantice în scopul de a actualiza strategii mixte. Dacă acest lucru se realizează prin intermediul mecanismului Penrose, atunci ne putem imagina că, foarte rar – atât de rar încât o asemenea întâmplare ar fi realmente unică, un creier omenesc ar putea avea acces la informaţiile înregistrate în viitorul îndepărtat, ales în mod arbitrar aproape de Punctul Omega, în a Lui/Ei transcendenţă. În principiu, un asemenea acces ar fi posibil la nivelul gravitaţiei cuantice, căci, la acel nivel, trecutul clasic şi viitorul clasic nu pot fi deosebite în ansamblu (de exemplu, în toate 4-variaţăile compacte care nu admit conexiuni simple există în mod necesar curbe de timp închise şi în astfel de geometrii viitorul acţionează asupra trecutului). Ştim acum că personalitatea umană, aparent unitară, reprezintă, de fapt, integrarea unui mare număr de subpersonalităţi, sau subprograme care rulează în creierul uman. Se pare că există în creier un subprogram al cărui rol este de a realiza această integrare. O integrare a subprogramelor care, în mod normal, sunt rezidente în creierul uman cu superprogramele care vor rula pe computere în acel viitor arbitrar de îndepărtat ar putea fi privită ca o personalitate unitară care este în acelaşi timp Dumnezeu şi om. Datorită Limitei Bekenstein, în perioada de timp macroscopică în care am observa Dumnezeu/Omul, nu ar exista decât intrinseca umanitate cu finitudinea sa; componenta infinită a personalităţii integrate ar subzista în viitorul arbitrar de îndepărtat. Prin aceasta s-ar evita ca Omul din Dumnezeu/Omul, latura sa umană, să fie covârşit de

memoria literalmente infinită a Punctului Omega în a Sa transcendență, adică de latura sa divină. Este de prisos să spun că nu cred să fi existat vreodată o astfel de Personalitate. Gradul de improbabilitate este prea mare. Dar este cu putință. Ar fi chiar inevitabilă dacă, într-un anume stadiu al istoriei omului, apariția unei asemenea Personalități ar fi necesară pentru ca Punctul Omega să apară în sfârşit. Dacă ar fi aşa, atunci inevitabilul s-ar găsi codificat chiar la începutul universului (la început a fost Cuvântul). În viitor, când vom învăța să realizăm cuplarea computerelor la creierul uman, existența personalităților care să reprezinte integrarea mentalului dintr-un computer şi a mentalului uman va fi foarte probabilă. De fapt, în capitolele 7 şi 8 eu iau în discuție un astfel de mecanism ca mijloc de extindere a timpului de viață subiectiv al trupurilor spirituale înviate. Dacă Iisus a înviat cu adevărat din morți (ceea ce eu nu cred) şi dacă trupul lui înviat era cu adevărat un trup spiritual, atunci nu există niciun motiv să nu luăm în considerare posibilitatea ca atât trupul său dinaintea crucificării, cât şi cel de după înviere să fi fost sporite în acest fel şi, de fapt, integrate cu un Mental Infinit, integrarea fiind perfect posibilă în trupul înviat. (El nu poate fi perfect, de vreme ce între o entitate finită şi o entitate infinit numărabilă, aşa cum este Punctul Omega în transcendența Sa, nu poate exista corespondență unu-la-unu.)

Modelul prezentat mai sus pare a fi cea mai naturală realizare a unei Cristologii în cadrul Teoriei Punctului Omega. Acest model pare să fi fost inventat independent de Pannenberg[25] care, după ce a indicat absența Cristologiei într-o versiune mai veche a Teoriei Punctului Omega, a propus să se caute „«capacitatea de tip computer» a Logosului divin care a fost conectat cu viața de om a lui Iisus la încarnare şi i-a devenit disponibil în întregime la înălțimea sa". Dacă nu se formează o personalitate unitară, şi nu este vorba decât despre un schimb de informație între un individ

uman care a existat şi viaţa din viitorul îndepărtat, atunci individul implicat în acest schimb ar putea fi numit „inspirat de Dumnezeu" sau „profet".

Dar am mari îndoieli că acest model al celei de-a Doua Persoane şi al profeţilor ar avea vreo aplicaţie. Nu există dovezi că vreunul din miile de autoproclamaţi „profeţi" ai diferitelor religii ale lumii ar fi dispus de informaţii care să nu fi fost accesibile şi contemporanilor săi. Scepticismul meu în privinţa „profeţilor" nu este ceva nou: un critic din vechime al creştinismului, Celsus, scriind pe la anul 185 d.Hr. spunea despre cele pretinse de creştinism în legătură cu „capacităţile profetice" ale lui Iisus:

> ... în ţinutul acela [Iudeea] întâlneşti nenumăraţi oameni care rostesc „profeţii" imediat. Ei dau adevărate spectacole arătându-se „inspiraţi" când îşi rostesc prezicerile. De obicei pretind că sunt mai mult decât profeţi şi spun lucruri de genul „Eu sunt Dumnezeu" sau „Sunt un fiu al Domnului" sau chiar „Eu sunt Sfântul Duh" şi „Am venit [să vă aduc viaţa], căci pe măsură ce vorbesc lumea se va sfârşi[26]... Am stat de vorbă cu nenumăraţi profeţi după ce le-am ascultat profeţiile şi le-am pus multe întrebări. La o chestionare atentă (asta după ce le câştigasem încrederea) au recunoscut că erau nişte impostori, că născociseră cuvinte care să convină celor care îi ascultau şi că în mod deliberat se exprimau ambiguu.[27]

Totuşi, specialiştii au ajuns astăzi la un consens, şi anume că ideea conform căreia Iisus ar fi fiul lui Dumnezeu nu a existat în mintea contemporanilor lui: Treimea este o idee mult mai nouă impusă Bisericii nu prin dezbateri raţionale, ci prin puterea militară a Imperiului Roman.[28] Mai mult, nu există nicio dovadă în Noul Testament că Iisus ar fi avut mai multe cunoştinţe despre Dumnezeu decât putea

avea orice muritor din vremea aceea, după cum arată teologii romano-catolici de prim rang Hans Küng[29] şi Edward Schillebeeckx[30]. Unul dintre indiciile lipsei sale de cunoştinţe suplimentare este contradicţia dintre imaginea unui Dumnezeu iubitor, descrisă de Iisus, şi insistenţa sa asupra pedepsei veşnice în Iad. Conform Evangheliei după Matei, răspunsul lui Iisus la întrebarea legată de Iad a fost „Atunci El [Fiul Omului] le va spune celor din stânga Sa «Blestemul este asupra voastră; fugiţi din ochii mei în focul veşnic care este pregătit pentru diavol şi pentru îngerii săi.»... Şi ei vor primi *pedeapsa veşnică* [sublinierea mea], iar cei drepţi, viaţa veşnică." (Matei 25:41 şi 46 NEB). Aceste cuvinte ale lui Iisus sunt clare şi neechivoce: pentru unii, pedeapsa este veşnică (şi, conform Evangheliei după Matei, această pedeapsă veşnică este dată pentru păcate mai degrabă banale). Întrucât Teoria Punctului Omega prezice un Dumnezeu iubitor şi salvarea (aproape) universală, aşa cum am arătat în capitolul 8, Teoria Punctului Omega este incompatibilă cu creştinismul în cazul în care aceste cuvinte ale lui Iisus sunt considerate un text cu valoare de autoritate. Mulţi teologi creştini au încercat să reinterpreteze afirmaţia lui Iisus, scoţând în evidenţă faptul că în Epistola a doua a Sf. Ap. Petru se arată „Domnul nu întârzie cu făgăduinţa Sa nevrând să piară cineva, ci toţi să vină la pocăinţă".

Am amintit deja în capitolele 8 şi 9 unele încercări ale altor teologi creştini de a implanta iertarea universală în creştinism.

Miracolul transsubstanţierii

Cei mai mulţi creştini sunt membri ai comunităţii romano-catolice, ortodoxă greacă sau ortodoxă rusă. Pentru aceste ramuri ale creştinismului cea mai importantă slujbă

este *Liturghia* în cadrul căreia, se crede, preotul transformă în mod miraculos pâinea în trupul lui Iisus cel înviat şi vinul în sângele lui Iisus cel înviat. Inutil să spunem că toate observaţiile ştiinţifice ale pâinii şi vinului după „transformarea" lor arată că pâinea nu se deosebeşte cu nimic de pâinea obişnuită, iar vinul nu se deosebeşte cu nimic de vinul obişnuit. Aşa stând lucrurile, mulţi creştini protestanţi neagă faptul că s-ar întâmpla „cu adevărat" ceva în timpul acestei slujbe. În toate bisericile protestante se oficiază şi astăzi o ceremonie analoagă liturghiei, dar cele mai multe o consideră neesenţială şi ţinând de o tradiţie bizară care le aminteşte enoriaşilor despre o cină, Cina cea de Taină, pe care Iisus a împărţit-o cu cei mai apropiaţi ucenici ai săi înainte de crucificarea sa.

Acest dezacord în privinţa Prezenţei Reale, cu privire la problema problemei dacă Iisus cel înviat este *cu adevărat* prezent în acea pâine şi acel vin, *nu* este lipsit de importanţă. El a constituit o cauză principală a războaielor religioase dintre catolici şi protestanţi în perioada Reformei, războaie care au costat viaţa a multe mii de oameni. Dată fiind credinţa – împărtăşită atât de catolici, cât şi de protestanţi – că numai câţiva aleşi vor fi primiţi în Rai, aceste războaie au avut rost. Dacă doctrina Prezenţei Reale ar fi adevărată, atunci ea ar dovedi că preoţii catolici deţin cu adevărat un anume control asupra primirii în Rai. Şi dacă ar fi aşa, atunci oricine neagă public Prezenţa Reală nu numai că îşi riscă propria viaţă de după moarte, ci şi pe a celor care îl ascultă. O astfel de persoană ar fi fost o mare ameninţare pentru sănătatea publică. Chiar şi astăzi se consideră, în general, că guvernele statelor au dreptul să folosească forţa pentru a apăra vieţile cetăţenilor. Desigur că şi dacă vieţile lor de după moarte ar fi ameninţate, recurgerea la forţă ar fi justificată. Pe de altă parte, dacă doctrina Prezenţei Reale ar fi falsă, atunci s-ar dovedi că preoţii catolici nu au niciun control asupra cui intră şi cui nu intră în Rai. Mai mult decât

atât, intervenind între Dumnezeu şi omenire, aceşti falşi preoţi pun ei înşişi în pericol vieţile de după moarte ale celor care îi urmează. *Aceştia* ar fi ameninţările la adresa sănătăţii publice şi ar trebui să fie ucişi pentru ca astfel să se salveze vieţile de după moarte ale cetăţenilor. În ţările protestante mulţi preoţi au fost condamnaţi la moarte. În ţările catolice mulţi protestanţi au fost executaţi. Din fericire, Omega nu ridică această problemă; toată lumea învie pentru a trăi veşnic.

Catolicii ştiau, desigur, că pâinea şi vinul „transformate" nu erau, din câte se poate omeneşte stabili, deosebite de pâinea şi vinul obişnuite. Explicaţia lor era că *esenţa* pâinii şi vinului devine trupul şi sângele lui Iisus cel înviat, pe când ceea ce este *accident* în pâine şi vin rămâne nemodificat. Termenul teologic care desemnează această transformare a esenţei fără transformarea accidentalului, termen folosit pentru prima dată de cel de-al Patrulea Conciliu Luteran care a avut loc în 1215 d.Hr., este *transsubstanţiere.* Această explicaţie dată Prezenţei Reale, care implică transsubstanţierea, a fost declarată de Conciliul din Trent (1551 d.Hr.) dogmă oficială a Bisericii romano-catolice, deci învăţătura în care orice catolic *trebuie* să creadă. În contrast cu acesta, protestanţii Zwingli şi Calvin au negat complet Prezenţa Reală, în timp ce Luther a pledat pentru *consubstanţiere,* ceea ce înseamnă că, după sfinţire, pâinea şi vinul au o dublă esenţă: substanţa obişnuită a pâinii şi vinului, dar *şi* aceea a Trupului şi Sângelui lui Iisus cel înviat.[31]

Termenii „substanţă" şi „accident" sunt proprii metafizicii tomiste: ca să vă puteţi face o idee despre semnificaţia lor voi face apel la opera lui Jacques Maritain, teolog catolic mirean francez, cel mai important reprezentant al neotomismului secolului al XX-lea. După Maritain, *„accidentalul* reprezintă o natură sau o esenţă care are proprietatea de a exista în altceva"[32], în timp ce „substanţa este

un lucru sau o esență care are proprietatea de a exista prin ea însăşi (*per se*) şi nu de a exista într-un alt lucru".[33] „[Substanța] reprezintă existența fundamentală, primară a unui lucru, principiul de bază al activității şi al realității sale... Mai mult decât atât, substanța în sine este *invizibilă,* imperceptibilă pentru simțuri. Căci simțurile nu percep existența în sine, ele ne semnalează direct numai schimbarea, mişcarea... Cu alte cuvinte, obiectul văzut sau atins este ceva care, în chiar clipa în care este văzut sau atins, este şi substanță; dar nu substanța sa este văzută sau atinsă... În exprimarea proprie filosofiei [tomiste], *substanța este inteligibilă în sine (per se) şi perceptibilă numai ca accidental (per accidens)*".[34]

Este dificil pentru un fizician al secolului al XX-lea, ca mine, să pătrundă spiritul unui tomist cum este Maritain. Încă din vremea lui Galilei, când filosofii aristotelieni[35] susțineau că schimbările şi imperfecțiunile cerului observate de Galilei şi alți astronomi nu puteau fi decât iluzii optice, şi asta pentru că substanța cerească, chintesența ei, este prin natura sa perfectă şi neschimbătoare, oamenii de ştiință au fost neîncrezători în conceptul aristotelic de substanță. În orice caz, din remarcile lui Maritain pare clar că „substanța" este ceva în care sunt încorporate proprietățile observabile; „substanța" reprezintă un nivel mai fundamental al realității decât „accidentul". Deosebirea dintre „accident" şi „substanță" pare analoagă aceleia între două niveluri distincte de implementare în computer, „accidental" fiind un nivel superior celui al „substanței". Am arătat în capitolele 2 şi 8 că, în cazul computerelor, există în mod obişnuit un computer virtual în interiorul unuia real. Prin definiție, un computer virtual există într-un alt computer. Mai mult decât atât, computerul ceva mai simplu, cel aflat la un nivel mai scăzut de implementare, nu îşi modifică structura de bază atunci când cel cu nivel mai înalt de implementare şi-o modifică. Să ne amintim că noi nu putem observa decât ceea ce există

la nivelul nostru de implementare sau la un nivel mai înalt; nivelurile mai scăzute sunt invizibile pentru noi, deşi sunt niveluri de existenţă mai fundamentale decât cel pe care ne situăm noi. Când vom fi înviaţi de către Punctul Omega, trupurile înviate vor fi trupurile noastre actuale aflate la un nivel de implementare mai ridicat, trupurile noastre de acum, dar la un nivel superior al realităţii. Maritain admite[36] că e posibil să existe mai multe niveluri de realitate, dar neagă posibilitatea regresiei infinite: regresia trebuie să se termine cu Dumnezeu. Tot astfel, nivelurile din Teoria Punctului Omega se sfârşesc în Punctul Omega.

Dacă aceasta este o interpretare acceptabilă pentru secolul al XX-lea semnificaţiei distincţiei tomiste dintre substanţă şi accident, atunci devine pe deplin posibil ca teologii catolici să aibă dreptate când susţin că „substanţa" pâinii şi vinului se transformă în trupul şi sângele lui Iisus cel înviat. Dacă universul pe care noi îl observăm nu ar fi la cel mai scăzut nivel de implementare – de realitate ultimă – ci ar fi, de fapt, un program de simulare rulat pe un computer uriaş (cu o capacitate de cel puţin $10^{10^{123}}$ biţi), atunci ar fi *posibil* ca acea porţiune a universului nostru care corespunde pâinii şi vinului liturgic să înceteze de a mai rula pe acelaşi computer pe care rulează restul universului în clipa în care preotul rosteşte cuvintele magice. Aşa cum s-a arătat în capitolul 2, există numeroase maşini echivalente cu maşina universală Turing care, din acest motiv, pot rivaliza cu orice maşină cu stări finite şi, deci, pot rivaliza cu întregul nostru univers sau cu orice parte a lui. Trupul nostru la înviere va fi o asemenea maşină, căci el este potenţial infinit şi, pe de altă parte, intelectul nostru actual, finit este capabil să rivalizeze cu componenta fixă şi finită a unei maşini Turing universale. Dacă Iisus a înviat cu adevărat şi dacă substanţa trupului său de după înviere este aceeaşi cu substanţa trupurilor noastre de după înviere, atunci el poate rivaliza cu întregul univers sau cu orice porţiune a acestuia.

Eu nu cred asta, căci nu cred că Iisus a înviat din morți și, pe de altă parte, pentru că nu cred că nivelul nostru de realitate n-ar fi nivelul ultim. În plus, dacă un nivel inferior de realitate există cu adevărat – deci, dacă există un alt nivel aflat sub controlul unei ființe inteligente netranscendente – atunci reapare problema răului. Și, în sfârșit, nu văd nicio motivație a dorinței de a transforma computerul din ceea ce este el acum, în trupul lui Iisus cel înviat. La urma urmei, nici n-ar fi o mare diferență, așa cum admite și Maritain. Am abordat această discuție numai ca să arăt în ce măsură catolicismul și ortodoxismul, cele două ramuri ale creștinismului, pot fi integrate în Teoria Punctului Omega.

Unii dintre catolici ar putea considera că această analiză nu este necesară. Teologii catolici, ca Edward Schillebeeckx[37], au dat o altă interpretare teoriei Prezenței Reale, interpretare prea slabă de miez ca să fie interesantă, căci este compatibilă cu *orice* teorie fizică. Precizez că această nouă interpretare, ca și orice altă încercare de a explica Prezența Reală fără apel la conceptul tomist de transsubstanțiere, a fost condamnată[38] printr-o enciclică din 1965, *Mysterium Fidei,* de către Papa Paul al VI-lea. În ultima jumătate a secolului al XX-lea a existat o anume convergență de opinii între romano-catolici și unii protestanți, cum ar fi luteranii și anglicanii, în privința existenței și naturii Prezenței Reale, dar nici în prezent aceste ramuri ale creștinismului nu împărtășesc oficial concepția despre „transformarea" pâinii și vinului.[39]

Deismul american: un experiment al creștinismului rațional

Se poate vorbi despre creștinism în afara miracolelor, este posibilă o religie bazată direct pe fizică? Fondatorii

mişcării deiste, în secolul al XVIII-lea, credeau că este posibil. „Un sistem de gândire care aduce cu sine o religie naturală bazată mai curând pe raţionament decât pe revelaţie" – iată cum este definit „deismul" în dicţionarul meu de buzunar Merriam-Webster. Astfel că, Teoria Punctului Omega este o teorie deistă şi, de aceea, studiul mişcării deiste ne va ajuta să pătrundem problemele cu care se confruntă o religie raţională. Deismul şi-a exercitat influenţa cu precădere în America secolului al XVIII-lea – de fapt, mulţi dintre conducătorii revoluţiei americane erau deişti – aşa că mă voi concentra asupra deismului american.

După părerea tuturor revoluţionarilor americani deişti, ale căror scrieri despre religie le-am putut identifica, ştiinţa este în stare să stabilească două chestiuni esenţiale: (1) că există un Dumnezeu-persoană care a creat universul şi (2) că acest Dumnezeu va face astfel încât să trăim în fericire după moarte – deci, că există şi viaţă după moarte. Acestea sunt şi cele două idei principale din Teoria Punctului Omega. Ca să vedem că ele erau acceptate de către revoluţionarii americani deişti, vom avea în vedere operele a cinci conducători de marcă: *Thomas Paine,* autorul pamfletului *Common Sense* care, mai mult decât oricare altă scriere, i-a incitat pe coloniştii la răzvrătire; *Benjamin Franklin,* fizician, tipograf şi ambasador în Franţa (marele aliat al americanilor) în timpul războiului; *Ethan Allen,* comandantul trupelor care au repurtat prima victorie militară a americanilor, capturarea fortului Ticonderoga; *Thomas Jefferson,* autorul Declaraţiei de Independenţă a Statelor Unite faţă de Imperiul Britanic şi al treilea preşedinte al Statelor Unite şi, în sfârşit, *George Washington,* primul preşedinte american şi comandant suprem al armatei revoluţionare americane.

Thomas Paine şi-a expus concepţiile religioase în cartea sa *The Age of Reason,* publicată pentru prima dată la Paris, în timpul Revoluţiei Franceze. Posed un exemplar mult folosit al primei părţi a cărţii sale tipărită ca un pamflet

la Londra, în 1795, de către Daniel Eaton care şi-a spus „tipograf şi vânzător de cărţi al Supremei Majestăţi a Poporului". Titulatura pe care şi-a dat-o acest tipograf era o provocare directă adresată regalităţii, aşa cum pamfletul lui Paine era o provocare directă adresată religiei bazate pe revelaţie. Preţul cărţii, de un şiling şi şase pence (aproape 8 dolari în monedă americană la nivelul anului 1993), era destul de mic pentru o lucrare atât de periculoasă.

Paine îşi afirmă poziţia încă la prima pagină din *The Age of Reason*: „Cred într-un singur Dumnezeu şi nu în mai mulţi; şi nădăjduiesc în fericirea de dincolo de această viaţă". Cea mai mare parte a acestui pamflet este dedicată ridiculizării conceptului de Treime (aceasta înţelege el prin „un singur Dumnezeu") şi atacă ideea conform căreia Cuvântul lui Dumnezeu s-ar putea afla într-o carte tipărită, cum este Biblia. Paine susţinea că natura – adică universul fizic – este singurul Cuvânt al lui Dumnezeu. Doar ea singură a fost creată de El, fără vreun ajutor sau amestec din partea omului. Numai observarea naturii, numai cercetarea ştiinţifică ne-ar putea oferi imaginea adevărată a lui Dumnezeu. Paine îşi încheia pamfletul cu următoarele cuvinte:

> „... creaţia care se arată ochilor noştri este adevăratul şi eternul cuvânt al lui Dumnezeu care nu ne poate amăgi. Ea îi proclamă puterea, ea îi demonstrează înţelepciunea, îi manifestă bunătatea şi mila...
>
> Nu mă preocupă gândul existenţei viitoare. Mă mulţumesc să cred, să fiu convins chiar, că puterea care mi-a dat viaţă este în stare să o facă să continue în orice formă sau manieră doreşte, în prezenţa sau în absenţa acestui trup; şi mi se pare mai probabil că voi continua să exist de aici înainte decât că am mai avut o viaţă, înaintea celei de acum."

După război, Ethan Allen a scris o carte despre Dumnezeu şi viaţa de apoi, intitulată *Reason, the Only Oracle of Man.* Fără îndoială, era convins de adevărul tezei cărţii, căci şi-a vândut casa ca să poată publica lucrarea pe cheltuiala lui. Cea mai mare parte a cărţii este dedicată demonstrării existenţei lui Dumnezeu, plecând de la propria Sa creaţie, un Dumnezeu care este „(nu numai infinit de înţelept şi de puternic, ci) infinit de bun". De aceea, spunea Allen, dintre cele două fapte: (1) „Dumnezeu este esenţialmente drept" şi (2) „Dreptatea absolută este imposibilă în această lume", putem deduce că „Atunci trebuie să fie o viaţă după cea de acum, în care să se poată manifesta justiţia supremă a lui Dumnezeu".[40]

Dintre toţi conducătorii Revoluţiei Americane, Benjamin Franklin este preferatul meu. Pe lângă faptul că era fizician ca şi mine, el poseda un bun simţ ieşit din comun şi un talent literar care-i permitea să exprime printr-o imagine strălucitoare esenţa unui argument. De exemplu, într-o scrisoare din 1753 el stabilea în mod corect de ce este absurd să se creadă că Raiul este răsplata faptelor bune sau premiul acordat dreptei credinţe în Dumnezeu:

> „...Vei vedea din opinia mea despre faptele bune că nici nu-mi trece prin minte să sper că merit să ajung în rai din cauza lor. Prin rai înţelegem o stare de fericire infinit de intensă şi eternă: nu pot face nimic ca să merit asta; cel care se aşteaptă să fie răsplătit cu o plantaţie bună pentru a fi dat o înghiţitură de apă unui om însetat este modest în aşteptările sale în comparaţie cu cei care cred că merită raiul pentru puţinul bine pe care l-au săvârşit pe Pământ".[41]

Într-o altă scrisoare, datând din 1756, Franklin consola o rudă printr-o afirmaţie fără echivoc despre felul în care trebuie privite moartea şi viaţa de apoi:

„Sufăr alături de tine. Am pierdut o rudă dragă şi un om de mare valoare. Dar este voinţa lui Dumnezeu şi a naturii ca aceste trupuri muritoare să fie lepădate atunci când sufletul intră în viaţa cea adevărată. Aceasta este mai curând o stare embrionară, o pregătire pentru viaţă. Un om nu se naşte cu adevărat până ce nu moare. Atunci de ce să ne tânguim când un prunc se naşte printre nemuritori, când un nou membru se adaugă acelei societăţi a fericirii?

Prietenul nostru şi noi am fost invitaţi într-o călătorie de plăcere care va dura o veşnicie. Locul lui a fost gata mai repede şi el a plecat înaintea noastră. Nu putem pleca toţi odată; şi de ce să plângem noi de vreme ce în curând îl vom urma şi ştim unde să-l găsim?"[42]

Franklin şi-a format în tinereţe concepţia sa religioasă bazată pe existenţa lui Dumnezeu şi a vieţii de apoi şi a păstrat-o toată viaţa. În *Autobiografia* sa, Franklin afirma că în tinereţe se hotărâse să scrie o carte de religie care să pornească de la şase propoziţii, prima fiind „Există un singur Dumnezeu, care a creat toate lucrurile", iar cea de-a şasea „Şi că Dumnezeu va răsplăti virtutea şi va pedepsi viciul, aici sau dincolo".[43] În ultima sa scrisoare pe tema religiei, scrisă cu numai şase săptămâni înainte de a muri, Franklin repeta acest credo adresându-se rectorului de la Yale:

Vreţi să ştiţi ceva despre religia mea... Iată crezul meu. Cred într-un singur Dumnezeu, Creatorul Universului. Cred că El îl sugerează prin Providenţa sa. Că trebuie să fie slăvit. Cel mai bun mod de a-l sluji este acela de a face bine celorlalţi fii ai săi. Că sufletul omului e nemuritor şi că în viaţa viitoare i se va face dreptate conform cu

> modul în care a trăit-o pe aceasta. Socotesc că acestea sunt principalele fundamente ale oricărei religii sănătoase...[44]

Deşi Franklin vorbea despre sufletul „nemuritor", el nu credea, de fapt, în nemurirea sa, ci în reconstituirea de către Dumnezeu a trupului, exact aşa cum prezice Teoria Punctului Omega. Epitaful pe care Franklin şi l-a scris demonstrează această afirmaţie:

> Aici zace pradă viermilor trupul lui Franklin, tipograf, precum coperta unei cărţi vechi rămasă fără pagini şi despuiată de podoabele sale. Dar opera nu se va fi pierdut: căci, aşa cum el a nădăjduit, va fi republicată într-o nouă şi mult mai elegantă ediţie corectată şi adăugită de însuşi Autorul.[45]

Să observăm că Franklin accepta implicit teoria modelului identităţii. Pentru el, „Benjamin Franklin" nu era o copie a unui anumit model – a unui program pe computer, în limbajul secolului al XX-lea – care exista în secolul al XVIII-lea, ci modelul însuşi. Nu este necesar să existe vreo continuitate între copia particulară şi „noua şi mult mai eleganta ediţie" care va fi readusă la viaţă în viitor.

În timpul primului său mandat de preşedinte al Statelor Unite ale Americii[46], Thomas Jefferson a găsit timp să scrie „o cărticică" de teologie, *The Philosophy of Jesus*. Cartea nu a fost publicată niciodată, iar manuscrisul a dispărut, dar el a făcut referiri la ea în corespondenţa sa. În 1803, aflat încă în perioada primului mandat, Jefferson i-a trimis prietenului său Benjamin Rush o „Expunere despre evaluarea meritelor doctrinei lui Iisus în comparaţie cu doctrinele altora". Această expunere reprezintă, probabil, ceea ce considera a fi cele patru contribuţii principale ale lui Iisus la gândirea religioasă; prima şi cea de-a patra erau:

1. El a corectat deismul evreilor confirmându-le credința într-un singur Dumnezeu și oferindu-le o mai justă concepție despre atributele sale și stăpânirea sa...
4. El a propăvăduit stăruitor doctrina unei împărății viitoare de care evreii se îndoiau sau în care nu credeau și s-a folosit în mod eficient de ea ca de un stimul foarte important care se adaugă celorlalte motivații ale conduitei morale.[47]

Într-o scrisoare din 1822, la mult timp după ce se retrăsese de la guvernare, Jefferson scria că doctrina religioasă a lui Iisus (pe care o considera esența deismului la care el însuși aderase) consta în numai trei principii:

1. că există un singur Dumnezeu care este perfect;
2. că există o împărăție viitoare a răsplăților și a pedepselor;
3. că esența întregii religii constă în a-l iubi pe Dumnezeu din tot sufletul tău și în a-ți iubi semenii ca pe tine însuți.[48]

Aceste trei principii sunt, fără îndoială, cele enunțate de Franklin. John Adams, cel de-al doilea președinte al Statelor Unite, a fost inamicul politic numărul unu al lui Jefferson în timpul mandatelor lor; odată cu retragerea lor a survenit și reconcilierea. Jefferson i-a scris de mai multe ori lui Adams despre credința sa în viața de apoi și a afirmat că așteaptă cu nerăbdare să își revadă soția iubită și copiii.[49]

Primul președinte al Statelor Unite era mult mai reticent decât Jefferson în ceea ce privește viața de apoi. De fapt, singura aluzie cunoscută a lui George Washington la credința lui în viața de apoi se află într-o scrisoare pe care i-a scris-o surorii lui la moartea mamei lor:

> Oricât de cumplită ar fi moartea unui părinte și oricât de mult ne-ar afecta, ne consolează să știm că

> Cerul a ținut-o pe mama noastră în viață până la o vârstă pe care puțini o ating și i-a permis să dispună pe deplin de facultățile sale mintale... În aceste condiții și în speranța că ea este purtată acum într-un loc mai fericit decât acesta, este de datoria rudelor ei să se supună hotărârilor Creatorului.[50]

Deismul este astăzi pe moarte. În ciuda faptului că a fost susținut de cele mai de seamă minți ale revoluției americane, deismul a dispărut din viața intelectuală a Americii pe la 1810, cu mult înainte chiar de moartea lui Jefferson. Dispariția s-a produs cu mult înainte ca dovada existenței lui Dumnezeu să fie demolată de teoria evoluției lui Darwin (publicată pentru prima dată în 1859). Așadar, ce anume a ucis deismul? Era o religie rațională, bazată pe tot ce era mai bun în știința vremii, cosmologia newtoniană. Dar nu putea intra în competiție cu creștinismul bazat pe revelație și nu pe rațiune. De ce?

Cred că moartea deismului se datorează faptului că fizica aflată la baza sa era pur și simplu prea impersonală.[51] Mecanismul newtonian descria universul ca pe o mașină perfectă de tip ceasornic. Fiindcă era atât de perfect, Creatorul său trebuia să fi fost și el atotputernic și perfect. Dar, reciproc, tocmai această perfecțiune presupunea că acest Creator nu are nevoie să intervină în lume; căci, într-adevăr, n-ar putea să o facă fără să distrugă perfecțiunea mecanismului de ceasornic. Dumnezeu a încetat să mai fie un Părinte iubitor, devenind în schimb un stăpân absent. Și într-adevăr, definiția deismului încetățenită în cărțile de filosofie pe la sfârșitul secolului al XIX-lea nu era cea citată la începutul acestui capitol, ci „credința într-un Dumnezeu care creează universul la începutul timpului, dar apoi îl lasă să funcționeze singur". Lucrul pe care religia bazată pe revelație nu l-a pierdut niciodată este credința într-un Dumnezeu-persoană. Unui Dumnezeu-persoană și numai unui astfel de Dumnezeu

poate să-i *pese*. Americanii din secolul al XIX-lea simțeau – întemeiat, cred eu – că argumentele deiste în favoarea vieții de apoi, ca și cele ale lui Allen, erau foarte șubrede. Urmărind argumentul lui Franklin despre valoarea relativă a Raiului față de viața noastră actuală până la concluzia sa logică, devine clar că noi, oamenii, nu avem nevoie de dreptate, ci de milă. Din partea creatorului mașinii newtoniene perfecte nu ne putem aștepta la altceva decât la justiție. Un Părinte iubitor oferă milă.

Religia se poate întemeia pe fizică numai atâta timp cât fizica demonstrează că Dumnezeu *trebuie* să fie personal și, în plus, că viața de apoi reprezintă o consecință solidă a fizicii. Am arătat în capitolele anterioare că Teoria Punctului Omega satisface ambele criterii și, deci, că ea poate fi fundamentul tuturor religiilor.

concluzie: teologia ca ramură a fizicii

Adevărata importanță a Teoriei Punctului Omega constă în aceea că ea oferă un mecanism fizic plauzibil pentru învierea universală şi nu în aceea că ar sprijini afirmațiile unei anumite tradiții religioase. După cum sublinia Wolfson[1], în ultimele două mii de ani învierea a fost incompatibilă cu fizica la zi. Acum însă lucrurile s-au schimbat. Şi s-au schimbat atât de mult, încât singura obiecție pe care fizicianul rus Andrei Linde[2] a adus-o teoriei învierii a fost aceea că ea este (din punct de vedere ontologic) prea reducționistă; ea presupune că ființa umană poate fi descrisă în mod exhaustiv la cel mai fundamental nivel al său cu legile cunoscute ale fizicii.

Am pretins în *Introducere* că sau teologia este un nonsens – şi, de aceea, condamnată să dispară – sau va deveni într-o zi o ramură a fizicii. Opinia generală împărtăşită de oamenii de ştiință este că teologia pur şi simplu va dispărea. Dar istoria arată că există precedente în care teorii aparent complet discreditate şi-au făcut o reapariție spectaculoasă. Am menționat în *Introducere* câteva exemple. Ca să dau un alt exemplu, la apariția unei epidemii de friguri galbene în Spania, la Barcelona, în anul 1822, un grup de medici francezi au efectuat un studiu detaliat şi exhaustiv[3] al

modului de apariție a bolii. În concluzie medicii stabileau că nu exista nicio posibilitate ca persoanele din Barcelona bolnave de friguri galbene să intre în contact. Se deducea de aici că teoria microbiană era pentru totdeauna infirmată. Nu i-a trecut nimănui prin minte că frigurile galbene se puteau transmite de la o persoană la alta prin țânțari. În următoarea jumătate de secol s-a făcut uz de acest studiu francez în încercarea de a elimina străvechile reguli de carantină aplicate în porturile europene. Se pretindea că, întrucât nicio boală nu este transmisibilă de la o persoană la alta, carantina era o relicvă a unor vremuri de superstiție. Liberalii englezi considerau regulile de carantină o violare irațională a libertății individuale şi o manifestare a ignoranței romano-catolice.[4] Teoria microbiană a fost relansată în a doua jumătate a secolului al XIX-lea de către Pasteur şi noua sa fizică medicală.

Observăm astfel că a fost necesar ca fizica să se extindă asupra medicinii pentru ca teoria microbiană să fie salvată. În mod similar, fizica trebuie să se extindă asupra teologiei pentru ca religia să supraviețuiască. Sau, aşa cum se exprima fizicianul din secolul al XIX-lea John Tyndall în faimosul său Discurs în fața Asociației Britanice pentru Progresul Științei din 1874: „Poziția invincibilă a științei poate fi descrisă acum în câteva cuvinte. Noi pretindem şi îi vom smulge teologiei cu forța întregul domeniu al cosmologiei".[5] Odată cu introducerea în fizică a Postulatului Vieții Veşnice Dirac/Dyson, ştiința a cucerit ultima fortăreață independentă a teologiei. Astfel că în secolul al XXI-lea pentru a face cercetare teologică va fi nevoie de un doctorat în fizica particulelor elementare, în sensul pe care Weinberg[6] îl dădea noțiunii de „fizică a particulelor elementare" (o disciplină care înglobează relativitatea generalizată, cosmologia fizică şi disciplina cunoscută în mod tradițional sub numele de fizica particulelor elementare). Teologii medievali n-ar fi surprinşi de necesitatea unei licențe în fizică

drept premisă obligatorie pentru licența în teologie. În vremea lor, cel mai înalt titlu academic în filosofie – care îngloba cele mai noi cunoștințe de fizică la zi – *era* o condiție obligatorie înainte ca unui student să i se permită să înceapă studiile teologice. Cunoștințele profunde de fizică ale teologilor medievali transpar în operele lor. De exemplu, Kenny[7] a arătat că cele Cinci Demonstrații ale lui d'Aquino – cele cinci dovezi ale existenței lui Dumnezeu – sunt complet dependente de fizica aristotelică și că aceste dovezi necesită o profundă cunoaștere a acestei fizici. D'Aquino era, de fapt, unul dintre cei mai de seamă savanți în domeniul fizicii aristotelice ai vremii sale și în primul rând lui i se datorează acceptarea generală a fizicii lui Aristotel în toată Europa. L-am putea în mod justificat numi pe d'Aquino un mare fizician, ca și un mare teolog, căci, deși fizica aristotelică era greșită, ea era precursoarea fizicii moderne.[8]

Teologia și religia sunt ramuri ale științei și nu ale eticii

Mulți dintre teologii și oamenii de știință din secolul al XX-lea susțin că d'Aquino și toți teologii care și-au desfășurat activitatea până la începutul secolului al XX-lea greșeau încercând să combine știința și religia. Acești oameni de știință și teologi din secolul nostru susțin că știința și religia au un contact limitat, căci aceste discipline abordează domenii diferite ale experienței umane: religia se ocupă în primul rând de problemele morale, în timp ce știința se ocupă de fapte. Ei pretind că deosebirea moral/fapt este justificată prin gramatica tuturor limbilor: propozițiile cu conținut moral sunt propoziții *imperative* („*Trebuie* să faci asta"), în timp ce propozițiile factuale sunt propoziții *declarative* („Cerul *este* albastru"). Într-adevăr, nu este

posibil să se deriveze o propoziție imperativă dintr-una declarativă, nu este posibil „să obții un «trebuie» dintr-un «este»".

Dar afirmația că moralitatea reprezintă domeniul central al religiei este lipsit de sens. În decursul istoriei omenirii, domeniul central al religiei l-a constituit interesul omului. În tradiția iudeo-creştino-islamică tot efectul moral s-a obținut din propoziții *declarative* de forma „Să nu ucizi – *căci dacă o faci vei ajunge în iad*!". În tradiția hinduistă şi budistă situația e similară: „Să nu ucizi – *căci te vei renaşte gândac de bucătărie*!". Forța afirmațiilor morale depinde în ambele cazuri de clauzele declarative, în primul caz de presupusa existență a iadului şi a unui Dumnezeu omnipotent care te va trimite acolo dacă te comporți în anumite feluri, iar în cel de-al doilea, de presupusa existență a reîncarnării şi a unui mecanism fizic care leagă starea de reîncarnare de un comportament specific. În ambele cazuri se face apel la fizică şi nu la postulate morale fundamentale. Enunțurile „Să nu ucizi pentru că este rău" sau „Să nu ucizi pentru că Dumnezeu zice că e rău" sau, mai simplu, „Să nu ucizi" nu fac decât să ridice alte întrebări: „Dar *de ce* este rău?", „Şi ce dacă Dumnezeu spune că e rău? Poate că Dumnezeu însuşi e rău". Sau , mai simplu, „De ce nu?".

Astfel că dificultatea esențială în ceea ce priveşte separarea moralei de fapte constă în aceea că într-un asemenea caz nu ar mai exista nicio modalitate de rezolvare a disputelor morale. Morala ar fi atunci o simplă problemă de gust, ceva de genul îți place sau nu spanacul. Dar „Să nu ucizi" nu poate rămâne o simplă chestiune de gust; dacă se presupune că faptele sunt irelevante pentru disputele morale, atunci aceste dispute ar trebui să fie rezolvate prin violență. (De observat că aceasta este o afirmație factuală, nu morală.)

Din fericire, nu este necesar să se întâmple aşa. Eu susțin că realmente în toate aşa-numitele dispute pe probleme morale – nu mă pot gândi la niciuna – nu există, de

fapt, niciun dezacord asupra principiilor morale fundamentale, ci doar dezacorduri în privința faptelor. Să luăm, de exemplu, o chestiune „morală" mult disputată în Statele Unite şi Europa, problema avortului. Disputa nu se duce pe marginea lui „Să nu ucizi", ci numai pe marginea întrebării dacă foetus-ul este „persoană". Aceasta este o problemă factuală şi, de fapt, ambele tabere fac apel la ceea ce fiecare consideră a fi fapte: partizanii interzicerii avorturilor susțin că foetus-ul este o persoană, căci el sau ea este, în fond, un suflet implantat de Dumnezeu în momentul concepției, în timp ce partizanii libertății de alegere susțin că foetus-ul nu este o persoană, şi asta pentru că, în fapt, el nu prezintă niciuna dintre trăsăturile esențiale ale persoanei, şi anume funcția cerebrală superioară coerentă, capacitatea de a funcționa independent etc. La o examinare atentă a literaturii dedicate problemei avorturilor se constată că ambele tabere împărtăşesc aceeaşi morală – anume cea împărtăşită de întreaga specie umană. *Toate* subiectele de dispută țin de fapte.

Se spune adesea că principala preocupare a religiei se reduce la încercarea de a da răspuns întrebării: „Care este legătura dintre umanitate şi univers (şi/sau Dumnezeu)?". Sunt de acord cu asta şi, aşa cum am subliniat, răspunsurile *factuale* găsite pentru aceste întrebări de către budişti, creştini, evrei, adepții islamului etc. au dus la normele etice ale acestor religii. Deosebirea clară dintre fapt şi valoare, de bun simț pentru *filosofia* secolului al XX-lea şi pentru Occident, nu era prezentă în religiile tradiționale.

Aş putea, de asemenea, să subliniez că această distincție netă este, de fapt, contrară existenței continue a ştiinței înseşi. Existența şi dezvoltarea ştiinței necesită anumite norme etice, de exemplu: SĂ NU ÎȚI IMPUI TEORIILE ASUPRA ALTORA PRIN FORȚĂ. Numai persuasiunea bazată pe argumentul rațional şi pe rezultatele experimentale este permisă. Atunci când acest principiu etic

este încălcat – aşa cum s-a întâmplat în Italia în secolul al XVII-lea, când adversarii lui Galileo s-au folosit de Inchiziţie pentru a-l reduce la tăcere; şi aşa cum s-a întâmplat atunci când, în secolul al patrulea, creştinii au înlăturat toate filosofiile concurente – ştiinţa dispare. În primul caz, Italia a încetat să mai fie liderul lumii ştiinţifice europene a secolului al XVII-lea, iar în cel de-al doilea, ştiinţa a dispărut, de fapt, din Europa, din secolul al IV-lea şi până în secolul al XVI-lea. Aceasta este, desigur, o observaţie factuală – eu nu am arătat că ştiinţa ar fi „bună" – dar faptul esenţial rămâne: cunoaşterea şi etica sunt legate indisolubil, şi aşa a fost întotdeauna. Aşa încât distincţia radicală între „este" şi „trebuie" cu care am deschis acest capitol este falsă. Ştiinţa ca activitate umană include enunţuri etice, ceea ce înseamnă că ea nu formulează numai propoziţii de tip „este", ci şi de tip „trebuie". Şi – ca o problemă de logică simplă – chiar dacă acceptăm distincţia, *am putea* deduce *toate* propoziţiile de tip „trebuie" pe care le folosim în mod cotidian dintr-o singură propoziţie „trebuie", de exemplu maxima comportamentului potrivit oamenilor de ştiinţă, pe care am scris-o cu majuscule.

Pe scurt, dacă religia este ruptă pentru totdeauna de ştiinţă, atunci este ruptă pentru totdeauna de umanitate şi de toate problemele acesteia. Şi, separată astfel, va dispărea.

Teoria Punctului Omega şi religiile contemporane

Religiile au dispărut în trecut şi, atunci când au făcut-o, mecanismul dispariţiei lor a constat întotdeauna într-un apel persuasiv (la vremea aceea) la fapte. Creştinismul a înlocuit religiile băştinaşilor Americii Centrale pentru că aceştia au observat că erau decimaţi de boli la care

invadatorii europeni erau imuni. Băştinaşii americani au observat că rugăciunile adresate zeilor lor erau inutile, în timp ce rugăciunile adresate de europeni zeilor lor aveau (în aparenţă) efect. Întrucât, conform teoriilor naturii adoptate atât de băştinaşii americani, cât şi de europeni, o rugăciune adresată unui zeu real pentru a obţine protecţie împotriva bolilor trebuie să aibă efect, nativii americani şi-au abandonat în mod raţional zeii în favoarea zeilor europeni. Iar această schimbare a avut (în aparenţă) efect: rata mortalităţii datorate bolilor a revenit la cea iniţială. Desigur că noi, astăzi, ştim că rugăciunile adresate fie unor zei, fie altora n-au avut nimic de-a face cu rata relativă a mortalităţii. Europenii aveau o imunitate parţială dobândită prin expunerea timp de mii de ani la îmbolnăvire, în timp ce băştinaşii Americii nu aveau niciun fel de imunitate. Dar la vremea când s-a petrecut convertirea religioasă, ei dobândiseră o anume imunitate. Dat fiind suportul cunoaşterii lor, trecerea de la o religie la alta a fost un act raţional, deşi „cunoaşterea" lor era greşită. Convertirea lor s-a produs pe baze strict ştiinţifice (acest mecanism al convertirii religioase în America Centrală a fost discutat pe larg de istoricul McNeill[9]).

Creştinismul înlocuise şi mai devreme un număr de religii concurente – religiile grecilor şi romanilor, printre altele – la vreo patru sute de ani după moartea lui Iisus. Argumentul principal în favoarea creştinismului la vremea aceea era că, dintr-o credinţă a unei minorităţi persecutate, această religie devenise religia dominantă în Europa. Întrucât la vremea aceea practic toată lumea, inclusiv intelectualii, credea în zei sau într-un zeu suprem, era greu de înţeles cum a fost posibil acest lucru fără ca zeul creştinilor să fi fost singurul zeu adevărat sau, cel puţin, un zeu mai puternic decât oponenţii săi. Din nou acesta este un argument pur raţional bazat pe ceea ce majoritatea oamenilor acelor vremuri credeau că este un fapt, şi anume că zeii (sau

Zeul) există fizic şi că ei (el) intervin (intervine) activ în viaţa oamenilor. Astăzi, noi am explica (corect, cred eu) acest triumf prin argumente pur sociologice, de exemplu prin apelul la persuasiunea argumentului pe care tocmai l-am enunţat.

Creştinismul însuşi a fost înlocuit în Orientul Apropiat şi în Africa de Nord de către islam. O dată în plus, argumentul în favoarea islamului în aceste zone a fost apelul la fapte observate: trupele adepte ale islamului învinseseră în repetate ocazii, vreme de sute de ani, armatele creştine şi, dată fiind ipoteza (adoptată atât de musulmani, cât şi de creştini) că adevăratul Dumnezeu ar asigura victoria celor care cred în El, urmează că islamul este religia adevărată. (Mai devreme victoriile militare ale lui Mahomed în Arabia erau privite[10] de arabi ca o puternică dovadă că afirmaţia sa, cum că ar fi Profetul Domnului, era adevărată.) Religiile se bazează *întotdeauna* pe ştiinţa momentului.

Problema principală a teologiei contemporane şi, în fond, a religiei sfârşitului de secol XX nu constă în aceea că ar fi ruptă de ştiinţă, ci că este ruptă de ştiinţa *modernă*. Ea este încă zăvorâtă în fizica şi filosofia Greciei antice. Aşa cum spunea istoricul religiilor de la Yale, Jaroslav Pelikan, despre cazul creştinismului:

> Victoria doctrinei ortodoxe creştine asupra gândirii clasice a fost, într-o anume măsură, o victorie à la Pirus, căci teologia care a triumfat asupra filosofiei greceşti a continuat de atunci să fie modelată de limbajul şi gândirea specifice metafizicii clasice. De exemplu, cel de-al Patrulea Conciliu Lateran ţinut la 1215 decreta că „în taina altarului... pâinea este transsubstanţiată în trup [al lui Hristos]"... Majoritatea interpretărilor teologice ale termenului „transsubstanţiere" au dat noţiunii de „substanţă" semnificaţia pe care i-o dă ... Aristotel în a cincea carte a *Metafizicii* sale; aşadar, transsubstanţierea pare a fi

legată de acceptarea metafizicii sau chiar a fizicii aristotelice... Transsubstanţierea reprezintă un exemplu individual pentru ceea ce a fost numită problema „elenizării creştinismului".[11]

Semnificaţia Teoriei Punctului Omega pentru omul obişnuit

În 1888, lord Adam Gifford a iniţiat ceea ce a ajuns să fie cunoscut sub numele de Prelegerile Gifford, ţinute în fiecare an la universităţile scoţiene din Edinburgh, Glasgow, St. Andrews şi Aberdeen pe tema teologiei naturale. Ele constituie, fără îndoială, cea mai prestigioasă serie de prelegeri din lume pe tema ştiinţei şi religiei. M-am referit la ele de mai multe ori în cuprinsul acestei cărţi. În testamentul său, prin care punea bazele acestei serii de prelegeri, lordul Gifford sublinia: „Aş dori ca vorbitorii să trateze subiectul ca pe unul care ţine strict de ştiinţele naturii... fără să facă referire la, sau să se bazeze pe vreo presupusă... revelaţie miraculoasă... Doresc ca subiectul să fie tratat exact aşa cum sunt tratate astronomia sau chimia".[12]

Ştiinţele sunt ştiinţe pentru că pot fi verificate experimental. Am arătat în capitolul 4 că, pentru a putea verifica Teoria Punctului Omega, vom avea nevoie de actualizarea Tevatron-ului şi de SSC – super-acceleratorul din Texas – sau de LHC-ul european. Ultimele două maşini sunt teribil de scumpe. Dar poate că merită să cheltuim câteva miliarde de dolari ca să stabilim că Dumnezeu există şi că într-o zi vom fi înviaţi cu toţii ca să trăim alături de El/Ea. Următorul dialog a avut loc atunci când eminentul fizician Steven Weinberg[13] a depus mărturie în 1987 în favoarea construirii SSC-ului, între Harris Fawell, reprezentantul statului Illinois – un partizan al proiectului SSC – şi

Don Ritter, reprezentantul statului Pennsylavania, unul dintre criticii cei mai ostili proiectului:

> FAWELL: ... Dacă aş vrea vreodată să explic tuturor de ce este nevoie de SSC, sunt sigur că pot face apel la mărturia dumneavoastră... Câteodată aş vrea să existe un singur cuvânt care să poată spune totul... Cred că dr. Weinberg s-a apropiat cel mai mult de el... Aţi spus că bănuiţi că nu e doar o întâmplare faptul că există legi care guvernează materia şi eu am notat, **ne va ajuta acest lucru să-l găsim pe Dumnezeu** [sublinierea mea]?...
>
> RITTER: Va ceda oare gentilomul acestei idei? Dacă gentilomul ar ceda pentru moment, atunci eu aş spune...
>
> FAWELL: Nu sunt sigur că vreau.
>
> RITTER: Dacă maşina asta este în stare să facă acest lucru, atunci eu voi veni şi o voi susţine.

Weinberg nu a dat nicio replică pentru că, aşa cum avea să scrie mai târziu, „... nu mi s-a părut că dacă le-aş fi spus ceea ce cred eu, atunci acest lucru ar fi fost util proiectului[14]... Ar fi minunat să descoperim în legile naturii un plan conceput de un creator grijuliu, în care fiinţele umane să joace un rol aparte. Dar cu tristeţe mă îndoiesc că-l vom afla".[15]

Dacă aş fi fost acolo aş fi răspuns, „D-le Fawell, dacă Teoria Punctului Omega este corectă (iar efectul limitării Higgs descoperit de mine este real), atunci, da, ne-ar ajuta". Ritter a fost învins în 1992 când a candidat pentru a fi reales în Camera Reprezentanţilor (dar nu trag nicio concluzie teologică din înfrângerea sa). Dacă ar mai fi membru al Camerei i-aş cere să-şi ţină promisiunea şi să-şi schimbe votul.

SSC şi LHC sunt adesea comparate cu catedralele Evului Mediu şi cu piramidele Egiptului Antic. Catedralele erau construite ca să-l ajute pe europeanul medieval să-L

afle pe Dumnezeu, iar piramidele ca să-i ajute pe faraonii Egiptului să afle nemurirea. Dacă eu am dreptate, atunci SSC şi LHC ar putea îndeplini ambele scopuri pentru întreaga omenire.

Deşi această carte nu este o prelegere Gifford, am îndeplinit dorinţa lordului Gifford. Nu numai că am abordat teologia ca pe o ştiinţă a naturii, dar am arăta că ea *este* o ştiinţă a naturii – de fapt, o ramură a astronomiei. Dar ştiinţa se bazează numai şi numai pe raţiune. Ea nu apelează la revelaţie în niciun fel, măsură sau formă. În consecinţă, orice enunţ teologic întemeiat pe revelaţie trebuie privit cu rezerve.

O concepţie sceptică, similară acesteia, în legătură cu religiile relevate a fost exprimată de Mahatma Gandhi, fondatorul Indiei moderne, în lucrarea sa *All Religions Are True*: „Deşi cred că principalele cărţi [ale marilor religii ale lumii] sunt relevate, ele suferă de o dublă distilare. Mai întâi, au ajuns la noi printr-un profet-om; apoi, prin intermediul interpretărilor diferiţilor comentatori. În ele, nimic nu vine direct de la Dumnezeu... Numai Dumnezeu este neschimbător; şi cum mesajul său este recepţionat prin intermediul agentului uman, este întotdeauna pasibil de distorsionare în funcţie de puritatea respectivului agent".[16]

Există şi o a treia dificultate indusă de o carte presupusă a fi „inspirată de Dumnezeu". Principalele cărţi ale marilor religii ale lumii au, toate, peste o mie de ani. Multe se întâmplă într-o mie de ani. Ştiinţa, civilizaţia, societatea – toate s-au schimbat enorm de când au fost scrise aceste cărţi. Pe vremea când a fost redactat Noul Testament se credea că Pământul este centrul universului; astăzi ştim că el este a treia planetă, pornind de la Soare. Pe vremea când a fost redactat Noul Testament, toată lumea credea că toate speciile în viaţă au existat dintotdeauna sau că au fost create fiecare separat prin intervenţia directă a lui Dumnezeu. Astăzi ştim că speciile în viaţă au evoluat din altele,

anterioare lor. Astfel că noi citim Biblia dispunând de un bagaj de cunoştinţe diferit de al strămoşilor noştri.

Aceasta înseamnă că un acelaşi set de cuvinte va avea semnificaţii diferite pentru oamenii unor epoci diferite. *Dacă aceste semnificaţii sunt contradictorii, atunci cel puţin una dintre ele trebuie să fie greşită!* Există versete din Biblie care, înaintea revoluţiei copernicane, erau interpretate ca dovezi ale imobilităţii Pământului. Astăzi, aceleaşi versete sunt considerate expresii poetice care nu trebuie luate în sens literal. Cum o carte trebuie să conţină între 1 şi 10 milioane de biţi de informaţie, este logic imposibil ca ea să elimine toate interpretările eronate de acest gen. Chiar dacă o carte *ar fi* inspirată de Dumnezeu, ea ar conţine în moḍ necesar afirmaţii pe care majoritatea adepţilor săi, dintr-o anumită epocă istorică, să le interpreteze eronat. Aceasta nu înseamnă că Dumnezeu ar fi limitat; aceasta înseamnă doar că oamenii sunt limitaţi.

Singura carte care nu suferă de aceste limitări este Cartea Naturii, singura carte pe care Dumnezeu a scris-o cu mâna Sa, fără ajutor omenesc. Cartea Naturii este limitată de înţelegerea umană. Cartea Naturii este singura călăuză de nădejde către adevărata Natură a lui Dumnezeu.

Asta nu înseamnă că ar fi singura cale către Dumnezeu. Am arătat în detaliu în această carte că Teoria Punctului Omega este compatibilă, în linii mari, cu ceea ce constituie nucleul tuturor marilor religii ale lumii. Dacă Teoria Punctului Omega este corectă, atunci ea nu poate (în momentul de faţă) să aleagă una dintre religii ca fiind mai corectă decât celelalte. Ceea ce poate face este să se constituie într-o bază solidă pentru toate religiile.

Religia este cu mult mai mult decât teologia – într-adevăr, omul obişnuit ştie foarte puţin despre teologia religiei al cărei adept(ă) este. Religia se bazează pe teologie, dar pentru omul obişnuit ea este, în principal, echivalentă cu mersul la biserică, ritualul şi rugăciunea. Dacă Teoria

Punctului Omega este corectă, ar trebui credinciosul să continue să facă acestea în biserica sa? Mai are sens să ne rugăm lui Dumnezeu?

A avut vreodată sens să ne rugăm lui Dumnezeu? Sigur că nu, dacă rugăciunea este considerată transmitere a unui mesaj adresat lui Dumnezeu. Dacă Dumnezeu este atotştiutor atunci El ştie ce ai de spus înainte ca tu să vorbeşti. În teoria informaţiei, un mesaj conţine „informaţie" numai dacă receptorul învaţă ceva nou din mesajul primit. De aceea, rugăciunea nu poate însemna transmiterea unui mesaj către Dumnezeu.

Teologii creştini au înţeles asta încă de la începuturi. În rugăciune, mesajul este transmis numai în sens invers, de la Dumnezeu la om. Origen, primul mare teolog creştin, accentua, în marea sa lucrare *Despre Rugăciune,* că aceasta reprezintă deschiderea către Dumnezeu. Sunt de acord; aş spune că rugăciunea este o încercare de *a simţi* că Dumnezeu există, de *a simţi* că El/Ea ne iubeşte, că *în cele din urmă* totul va fi bine şi că noi vom învia într-o zi ca să trăim veşnic alături de El/Ea. Atâta timp cât poartă această semnificaţie, rugăciunea are sens în Teoria Punctului Omega. Dacă rugăciunea tradiţională şi ritualurile oficiate în biserica voastră vă ajută să simţiţi adevărul acestor lucruri, atunci mergeţi la biserică şi rugaţi-vă. Dacă puteţi simţi adevărul fără aceste ritualuri atunci nu vă rugaţi (eu, de exemplu, nu o fac).

Astfel, teologia revelată este pentru teologia naturală ceea ce este astronomia geocentrică pentru astronomia heliocentrică. Dacă nu vreţi decât să cunoaşteţi cu aproximaţie poziţiile stelelor şi planetelor pe cer, atunci astronomia geocentrică este suficientă. O aproximaţie mai bună este astronomia heliocentrică bazată pe gravitaţia newtoniană. Dar gravitaţia newtoniană nu există cu adevărat; gravitaţia este, de fapt, curbura spaţiu-timpului. Astfel că, deşi cea mai bună teorie care descrie poziţiile planetelor este teoria lui

Einstein despre gravitație, teoria newtoniană este suficientă în aproape toate situațiile, iar astronomia geocentrică este suficientă în câteva cazuri simple. După cum am încercat să stabilesc în această carte, esența tuturor religiilor revelate constă în enunțurile că (1) Dumnezeu există și (2) El/Ea ne iubește și într-o zi ne va învia pe toți ca să trăim veșnic. Aceasta este și esența Teoriei Punctului Omega și este suficientă, practic, pentru oricine. Detaliile tehnice din spatele acestor adevăruri fundamentale pot fi lăsate deoparte și rezervate *Anexei dedicate oamenilor de știință.* Chiar și printre fizicieni sunt puțini aceia care depășesc teoria gravitației a lui Newton și ajung la o înțelegere profundă a teoriei lui Einstein. Căci ea nu le este necesară în munca lor.

Teoria Punctului Omega permite conceptelor-cheie ale tradiției iudeo-creștino-islamice să fie astăzi concepte proprii fizicii moderne: teologia nu este nimic altceva decât cosmologie fizică întemeiată pe ipoteza că viața ca întreg este nepieritoare. O consecință a acestei ipoteze este învierea tuturor celor care au trăit cândva, ca să trăiască veșnic. Acum, fizica a absorbit teologia; separarea dintre știință și religie, dintre rațiune și simțământ e depășită.

Am început această carte cu o afirmație a lui Steven Weinberg despre inutilitatea universului. El o repetă în ultima sa carte, *Visele Teoriei Finale,* și continuă prin a spune „... Nu cred nicio clipă că știința ne va oferi vreodată consolarea în fața morții pe care ne-a oferit-o religia".[17]

Eu nu sunt de acord. Știința ne poate oferi acum *exact* acea consolare în fața morții pe care ne-a oferit-o odată religia. Religia este acum parte a științei.

note

Note la prefață

1. Weinberg 1977, p. 154.
2. Ibid., pp. 131–132.
3. Weinberg e chiar mai dur decât mine în ceea ce-i priveşte pe teologii moderni: „Adepții liberalismului în religie sunt, într-un anume sens, chiar mai departe în spirit față de oamenii de știință decât sunt fundamentaliştii şi alți adepți ai conservatorismului religios. Conservatorii, cel puțin, ca şi oamenii de știință, îşi spun că ei cred în ceea ce cred pentru că este adevărat şi nu pentru că îi face mai buni sau mai fericiți. Mulți liberali de astăzi par să considere că diferiți oameni pot crede în lucruri care se exclud reciproc fără ca vreunul dintre ele să fie greşit, atâta timp cât credința lor «este productivă». Acesta crede în ... rai şi iad, [acesta] crede în dispariția sufletului prin moarte, dar nu se poate spune despre niciunul dintre ei că ar greşi, de vreme ce fiecare primeşte o înălțare spirituală satisfăcătoare prin credința sa. ... [Noi] suntem înconjurați de «pietate lipsită de mulțumire». ... Părerea mea este că adepții conservatorismului religios greşesc crezând în ceea ce cred, dar ei cel puțin nu au uitat ce înseamnă să crezi cu adevărat în ceva. Despre liberali n-aş putea spune nici măcar că greşesc." (Weinberg 1992, pp. 257–258). Am aceeaşi impresie despre teologii liberali. Feynman este şi mai dur decât Weinberg în privința teologilor liberali. În best-seller-ul său *Fără îndoială că glumiți, Domnule Feynman!*, el îi numeşte „proşti infatuați" (Feynman 1986, p. 259).
   În autobiografia sa, *Conştiința de sine,* romancierul american John Updike observă, la rândul său, că foarte puțini profesori de religie cred în învierea morților: „În adolescență am aflat în

silă despre religia creştină în care mă născusem, în care aproape nimeni nu credea cu adevărat – nici preoţii săi, nici stâlpii săi, aşa cum era tatăl meu şi cum fusese tatăl lui înaintea sa. (Updike 1989, p. 242). În romanul lui Updike *O lună de duminici* există o scenă amuzantă (Updike 1976, p. 182–185) în care un teolog/preot, care se îndoieşte şi care îşi seduce enoriaşele, este incapabil să ajungă la erecţie cu singura femeie din parohia sa care crede cu adevărat în Dumnezeu şi în învierea morţilor, şi eşuează *tocmai pentru că* ea crede.

4. Rosen 1939, p. 139.

Note la capitolul 1. Introducere

1. Barrow 1982.
2. Tillich 1957, p. 5.
3. Robinson 1963, p. 29.
4. Jonas 1963.
5. Pannenberg 1969, p. 56.
6. Ca să ne convingem că cuvântul evreiesc *„Ehyeh"* din expresia *„Ehyeh Asher Ehyeh"* din Ieşirea 3:14 reprezintă fără niciun dubiu viitorul verbului „a fi" şi că, astfel, expresia completă trebuie să fie tradusă prin „EU VOI FI CEL CE VOI FI", să observăm că acelaşi cuvânt *Ehyeh* apare în Ieşirea 3:12 în expresia „Eu *voi fi* cu tine... (KJV)", expresie care este întotdeauna tradusă prin viitor. Evreul considerat până azi ca fiind cea mai mare autoritate printre comentatorii Bibliei este Rashi (numele este format din primele litere, în evreieşte, ale cuvintelor Rabbi Solomon Issacson) care a trăit în Franţa între 1040 şi 1105 d.Hr. Rashi a subliniat faptul că numele pe care Dumnezeu şi-L dă Sieşi trebuie tradus prin viitor (Hertz, 1961, p. 215) şi cei mai mulţi dintre rabinii epocii noastre au urmat traducerea sa; vezi, de exemplu, Kaplan 1991, p. 271. Deşi multe surse creştine susţin că expresia ebraică poate fi şi la prezent şi la viitor (ca, de exemplu, în *Comentarii la Biblia de la Cambridge* [Clements 1972, p. 23]), se pare că traducerea cu prezentul, mult mai obişnuită, se datorează mai mult unor consideraţii

de ordin teologic decât filologic. O discuție amplă pe această temă, cu numeroase referințe bibliografice, se găsește în Childs 1974, pp. 60–70. Numele EU SUNT CEL CE SUNT a fost preferat din punct de vedere teologic, considerându-se că el semnifică faptul că Dumnezeu își declară necesara existență. Însuși Moise Maimonide, în al său *Ghid pentru cei dezorientați* (capitolul 63 din partea I), a tradus „*Ehyeh Asher Ehyeh*" prin EU SUNT CEL CE SUNT din același motiv (vezi traducerea lui Friedländer din 1956 a *Ghidului pentru dezorientați,* p. 94). În traducerea engleză clasică a *Comentariului* lui Rashi, cea realizată de Rosenbaum și Silbermann (1972), „*Ehyeh Asher Ehyeh*" este tradus EU SUNT CEL CE SUNT, dar măcar traducătorii menționează interpretarea dată de Rashi: „EU CEL CARE VOI FI cu ei în durerile lor viitoare" (Ibid., p. 12). Lexiconul ebraic-englez clasic al Vechiului Testament, acela al lui Brown, Driver și Briggs (care are la bază un lexicon ebraic-german mai vechi, datorat lui Wilhelm Gesenius), traduce „*Ehyeh Asher Ehyeh*" prin EU VOI FI CEL CE VOI FI (Brown, Driver și Briggs 1906, p. 218).

7. Bloch 1986, p. 1236.
8. Küng 1980, p. 622.
9. Tillich 1957, p. 7.
10. Press 1984, p. 6.
11. Heath 1913.
12. Copernic și-a dedicat cartea papei Paul al III-lea. În 1545, la numai doi ani după apariția cărții lui Copernic, teologul italian Giovanni Maria Tolosani, un prieten apropiat al teologului personal al papei Paul al III-lea, scria: „Cartea lui Nicolaus Copernic din Torun a fost tipărită nu demult și publicată de curând. În ea, el încearcă să reînvie învățătura anumitor pitagoreici despre mișcarea Pământului, o învățătură care a murit de multă vreme. Astăzi nu o acceptă nimeni, cu excepția lui Copernic... Căci este o prostie să contrazică o credință acceptată de toată lumea de mult timp și pentru motive cât se poate de bune și nu poți face aceasta decât dacă cel care i se împotrivește aduce probe mai puternice și de necontestat. Copernic nu face acest lucru." (Rosen 1984, pp. 188–189).

13. Pasajul citat este din Kuhn (1957, p. 191) care, la rândul lui, îl preia de la White (1896, vol. I, p. 126). Cu toate acestea, trebuie observat că acest citat nu este preluat din vreo lucrare a lui Luther însuşi, ci din *Discursuri la masă,* o colecţie de consemnări, realizate de diferite persoane în intervalul 1531–1544, ale discuţiilor neprotocolare purtate în casa lui Luther. Există un anume dezacord în privinţa celor spuse de Luther despre Copernic. Pasajul citat a fost luat din prima versiune publicată a *Discursurilor la masă*, cea al cărei autor este Aurifaber, considerat de majoritatea exegeţilor lui Luther ca nedemn de încredere. Versiunea consemnată de Lauterbach (4 iunie 1539) este: „Se pomenea despre un anume astrolog nou care dorea să demonstreze că Pământul este cel care se mişcă şi nu cerul, Soarele şi Luna. Asta ar fi ca şi când cineva s-ar deplasa cu un car sau cu o corabie şi şi-ar imagina că el e cel care stă pe loc în timp ce Pământul şi copacii se deplasează. [Luther a făcut remarca] «Aşa se întâmplă astăzi. Acela care vrea să fie deştept nu trebuie să fie de acord cu niciunul din lucrurile pe care ceilalţi le preţuiesc. Trebuie să facă ceva care să fie al lui însuşi. Exact asta face acela care vrea să întoarcă acum astronomia cu susul în jos [*invertere vult*]»" (Luther 1967, pp. 358–359). Conform Dicţionarului Oxford al limbii latine, „*invertere*" poate semnifica „a întoarce cu susul în jos" sau „a răsturna" sau „a inversa direcţia" sau „a tulbura peste măsură". În contextul epocii lui Luther şi al astronomiei copernicane *toate* aceste semnificaţii diferite sunt valabile: (1) Copernic a „tulburat peste măsură" lumea intelectualilor cu noua sa teorie; (2) Copernic a „inversat direcţia" de deplasare a cerului – nu Soarele, ci Pământul se mişcă; (3) Copernic a răsturnat universul cu „susul în jos" – Soarele se afla sus pe cer, dar acum este „jos", în centrul Sistemului Solar; (4) Copernic a „întors" astronomia într-o stare anterioară. (În introducerea la propria sa lucrare, Copernic *spunea* că se întoarce la un model avansat de antici [Kuhn 1957, p. 142].) Dacă Luther dispunea de cunoştinţele disponibile unui om cultivat al vremii sale – şi ştim că dispunea de ele – şi dacă era un foarte bun cunoscător al limbii latine şi un om spiritual – şi era şi una şi alta – atunci

avem motive să tragem concluzia că a avut în vedere *toate* semnificațiile de mai sus, simultan. Cea mai bună sursă engleză pentru originalul în germană și latină al versiunii Lauterbach a pasajului citat este Elert 1962, p. 424. Îi sunt recunoscător profesorului Jaroslav Pelikan pentru această referință.

14. Istoricul italian al științei Pietro Redondi a arătat (1987) că adevăratul motiv pentru care Galileo a fost adus în fața Sfintei Inchiziții nu a fost susținerea sistemului copernician, ci susținerea ideii centrale a științei moderne: că manifestarea observată a obiectelor fizice ne spune ce sunt ele în realitate. Aceasta contrazice în mod direct întreaga teorie catolică a transsubstanțierii. În conformitate cu știința modernă, dacă pâinea de pe altar pare să fie pâine și, în plus, nu există niciun experiment, nici măcar în principiu, care să pună în evidență deosebirea dintre pâinea binecuvântată și cea nebinecuvântată, atunci pâinea de pe altar este pâine *și nimic altceva.* Fără îndoială că Galileo și, cu adevărat, toți oamenii de știință din epoca modernă sunt eretici, căci Conciliul din Trent a definit erezia transsubstanțierii. (Marea majoritate a istoricilor științei are dubii cu privire la teoria lui Redondi. Vezi Gingerich 1990, McMullin 1989, și Westfall 1989 pentru câteva exemple.) Totuși, sistemul copernician este încă și mai eretic întrucât în forma sa ulterioară, a spațiilor infinite, el împinge Raiul ca tărâm al celor binecuvântați spre infinit sau chiar îl elimină complet. Creștinismul se poate descurca fără transsubstanțiere, dar nu fără viața de apoi.
15. Galilei 1957, p. 178.
16. Ibid., pp. 187–188.
17. Vallery-Radot 1923, p. 235.
18. Kant 1950, pp. 29 și 46.
19. Hume 1965, p. 167; sublinierea îi aparține lui Hume.
20. Galilei 1957, p. 186; vezi și Drake 1980, p. 29.
21. Drake 1980.
22. Brush 1981, partea a II-a.
23. Vallery-Radot 1923, p. 233.
24. Ibid., p. 224.
25. Unamuno 1954, p. 5.

26. Sociologul (şi preot romano-catolic) Andrew M. Greely arată (1985, 1989) că informaţiile despre convingerile religioase ale oamenilor *nu* susţin afirmaţia mea conform căreia pătrunderea ateismului în lumea oamenilor de ştiinţă va duce în cele din urmă la ateismul laicilor. Informaţiile citate de Greeley sunt, într-adevăr, impresionante: sondajul efectuat într-un interval de peste patruzeci de ani dă următoarele rezultate (Gallup şi Jones 1989, pp. 16 şi 206; Greely citează cifre similare din alte studii statistice).

Întrebare: „Credeţi în existenţa lui Dumnezeu sau a unui spirit universal?"

Anul	Procentajul răspunsurilor „da"
1944	96
1947	94
1952	99
1959	97
1967	97
1981	95
1988	94

Întrebare: „Credeţi că există viaţă după moarte?"

Anul	Procentajul răspunsurilor „da"
1944	76
1948	68
1952	77
1961	74
1965	75
1975	69
1981	71
1985	74
1988	71

Este clar că nu există o tendință evidentă de scădere în privința niciuneia dintre cele două. (Panta dreptei corespunzătoare credinței în Dumnezeu, realizată prin metoda celor mai mici pătrate, este –0,04 ± 0,12% puncte pe an, iar panta corespunzătoare credinței în viața de apoi este –0,06 ± 0,16% pe an; barele de eroare dau un nivel de încredere de 95%, cu o atenuare nulă a ambelor credințe în ultima jumătate de secol.) Cu toate acestea, un procent mai mare de americani decât de europeni cred în Dumnezeu și în viața de apoi. O statistică la nivel internațional condusă de organizația Gallup a dat, în 1981, următoarele rezultate (Neuhaus 1986, pp. 119–120):

Întrebare: „Credeți în existența lui Dumnezeu sau a unui spirit universal?"

Națiune	Răspunsuri „Da" (%)	Răspunsuri „Nu" (%)	Răspunsuri „Nu știu" (%)
S.U.A.	95	2	3
Republica Irlanda	95	3	2
Irlanda de Nord	91	3	5
Spania	87	8	6
Italia	84	10	6
Belgia	77	12	10
Marea Britanie	76	16	9
Germania de Vest	72	16	12
Norvegia	72	22	7
Olanda	65	25	10
Franța	62	29	9
Danemarca	58	27	15
Suedia	52	35	14

Întrebare: „Credeți că există viață după moarte?"

Națiune	Răspunsuri „Da" (%)	Răspunsuri „Nu" (%)	Răspunsuri „Nu știu" (%)
Republica Irlanda	76	14	11
Irlanda de Nord	72	14	14
S.U.A.	71	17	13
Spania	55	26	18
Finlanda	49	32	20
Italia	47	33	19
Marea Britanie	45	35	19
Norvegia	44	40	16
Olanda	42	40	18
Germania de Vest	39	40	21
Belgia	37	39	24
Franța	35	50	14
Danemarca	26	55	19

Vedem astfel că lipsa credinței este în mod categoric corelată cu standardul de viață ridicat – cu nivelul avansului tehnologic – în cazul națiunilor care aparțin lumii țărilor dezvoltate. Nu știu să existe un sondaj, comparabil cu aceasta, pentru națiunile lumii a doua și a treia, dar un sondaj efectuat pe 1000 de persoane din partea europeană a Rusiei în perioada 1–15 noiembrie 1992, de Centrul Times Mirror pentru Populație și Presă, indica faptul că aproape două treimi din cei 112 milioane de adulți care populează zona „nu se îndoiesc de existența lui Dumnezeu". Un sondaj similar realizat de aceeași organizație în august 1991 (imediat după încercarea de lovitură de stat, în perioada căderii comunismului) găsea că numai 46% cred în existența lui Dumnezeu. Un procent de 60% ar plasa Rusia între Franța și Danemarca, cam acolo unde ne-am aștepta să se afle ținând seama de nivelul cunoștințelor tehnologice ale populației Rusiei.

Statele Unite constituie excepția anormală printre țările din prima linie. În Statele Unite, în 1988 nu exista nicio corelație între nivelul educației și credința în Dumnezeu: 91% dintre licențiați, 93% dintre cei cu studii universitare, 96% dintre absolvenții de liceu și 93% dintre cei care nu au studii liceale cred în Dumnezeu (Gallup și Castelli 1989, p. 87).

Un sondaj Gallup efectuat în 1981 printre cei mai importanți oameni de știință americani (aceștia fiind cei trecuți în volumul lui Marquis *Who's Who in America*) arată totuși că la întrebarea „Credeți în viața de apoi sau nu?", 68% dintre intervievați au răspuns „nu", 16% au răspuns „nu știu" și numai 16% au răspuns „da". În plus, un sondaj Gallup realizat în 1981 printre medici americani și oameni de știință din domeniul medical (aceștia fiind cei enumerați în *Who's Who in America*, de Marquis, la capitolul persoane din domeniul medicinei) a arătat că la întrebarea „Credeți sau nu în viața de apoi?", 60% din cei intervievați au răspuns „nu", 8% au răspuns „nu știu" și numai 32% au răspuns „da" (Gallup 1982, pp. 207–212). Astfel, chiar și în America, cu cât o persoană este mai avansată în domeniul științific, cu atât este mai mare probabilitatea ca ea să nu creadă în viața de după moarte. Sondajul Gallup nu i-a întrebat pe oamenii de știință dacă în copilărie au crezut în Dumnezeu, așa că nu știm dacă și-au început viața ca niște credincioși sau necredincioși. Un studiu realizat de sociologul american Harriet Zuckerman (1977, p. 68) asupra laureaților americani ai premiului Nobel pentru științe *sugerează* totuși că majoritatea oamenilor de știință au fost, în copilărie, credincioși, dar majoritatea lor covârșitoare sunt, ca adulți, necredincioși. (Spun „sugerează" fiindcă se pare că Zuckerman nu a pus nicio întrebare crucială referitoare la schimbările în credință. Deduc existența schimbărilor din comparația cifrelor date de Zuckerman despre formația religioasă a laureaților Nobel cu raportul ei despre actualele lor credințe religioase). Dacă acest lucru este valabil în ceea ce-i privește pe oamenii de știință intervievați de organizația Gallup, atunci înseamnă că un contact strâns cu știința reprezintă factorul care coordonează credința în Dumnezeu, iar rezultatele sondajului

european ar putea indica faptul că europeanul mediu are un contact mai strâns cu știința decât americanul mediu. Greeley (1989) crede că tradiția anticlericalismului este cea care a subminat credința în Europa și nu contactul mai strâns cu știința. Organizația Gallup ar putea face deosebirea între ipoteza lui Greeley și ipoteza mea repetând sondajul realizat cu principalii oameni de știință americani, punându-le, de această dată, întrebări despre credințele lor religioase din copilărie. Până când se va realiza acest lucru voi continua să mă ghidez după rezultatele Harrietei Zuckerman referitoare la laureații Nobel. Mai mult decât atât, ipoteza lui Greeley este contrazisă de sus-menționatul sondaj din Rusia: Rusia a trecut printr-o perioadă de șaptezeci de ani de propagandă anticlericală intensă (de fapt, antireligioasă), mult mai intensă decât orice a experimentat vreo țară din vestul Europei și totuși, atunci când discriminarea îndreptată împotriva celor ce credeau în Dumnezeu a încetat, credința omului a revenit la nivelul pe care îl prevedeau pornind de la gradul de răspândire a cunoștințelor tehnice în rândul populației.

Gallup nu a efectuat sondaje printre oamenii de știință decât în 1981, așa că nu putem spune cum s-a modificat în timp credința în sânul comunității științifice. Totuși, în 1916 psihologul James Leuba a efectuat sondaje asupra mai multor eșantioane aleatoare, alcătuite din oamenii de știință enumerați în *Oameni de știință americani,* în legătură cu credința lor în nemurire. Numele de referință din lista sa (Leuba îi numește pe acești oameni de știință de prim rang, „oameni mai mari") sunt aproximativ egali ca valoare cu cei enumerați în *Who's Who.* Din păcate Leuba nu dă cifrele pe care le-a obținut pentru toate eșantioanele sale, dar se pot deduce din afirmațiile lui de la pp. 252–253 (Leuba 1916) procentajele corespunzătoare grupului pe care el îl numește „Oamenii mai mari din Divizia II" („Divizia II" este numele unuia dintre eșantioanele sale aleatoare). Acestea sunt comparate cu datele Gallup, menționate mai înainte, în tabelul de mai jos:

Întrebare adresată oamenilor de știință de frunte: „Credeți în viața de după moarte sau nu?"

Anul	Răspunsuri „Da" (%)	Răspunsuri „Nu" (%)	Răspunsuri „Nu știu" (%)
1916 (Leuba)	35	25	40
1981 (Gallup)	16	68	16

În mod evident, numărul răspunsurilor „nu" a evoluat în cei 65 de ani dintre cele două sondaje de la o minoritate redusă la o majoritate covârșitoare. Totuși, o majoritate simplă de oameni de știință erau atei chiar în 1916: la întrebarea „Credeți în Dumnezeu?" 28% dintre „Oamenii mai mari din Divizia II" au răspuns „da", 52% au spus „nu" și 20% au spus „nu știu". (Gallup nu a făcut sondaje în legătură cu credința în Dumnezeu a oamenilor de știință.) De aceea, cred că afirmațiile mele că avansul științific și tehnologic a subminat credința religioasă tradițională și că, dacă tendința observabilă în ultimii cincizeci de ani va continua, atunci va distruge credința complet, sunt corecte. Numai o teorie pur fizică despre Dumnezeu și viața de apoi, așa cum este teoria Punctului Omega, poate salva această credință de la anihilare.

27. Provine 1987; 1988, pp. 60–62.
28. Mayr 1980, p. 3.
29. Provine 1987, p. 52; 1988.
30. Weinberg 1987.
31. Sheehan 1984.
32. Dirac 1961.
33. Pannenberg 1977, 1981.
34. Barth 1933, p. 192.
35. Pannenberg 1972, p. 170.
36. Rahner and Vorgrimler 1983, p. 196.
37. Tipler 1989a.
38. Moravec 1988, pp. 122–124
39. Nozick 1989, pp. 24–26.

Note la capitolul 2. Limitele ultime ale călătoriei în spațiu

1. Caldera și Kasting 1992.
2. Există mulți care sunt mai mult decât sceptici; ei *ridiculizează* ideea de AI tare. Ei consideră că compararea creierului cu un computer și a sufletului cu un program pe computer reprezintă, în cel mai bun caz, o analogie aproximativă. La începutul secolului al XX-lea oamenii comparau creierul cu un schimb telefonic de informații; astăzi se face analogia cu un computer.

   Este mai mult decât o analogie. Creierul este un computer, iar sufletul *este* un program. După secole de răspunsuri eronate la întrebarea ce este gândirea și unde se produce ea, am găsit, în sfârșit, răspunsul corect: Creierul *este* un computer în sensul în care inima este o pompă. Anticii nu cunoșteau nici măcar această a doua idee.

   Anticii credeau că inima, nu creierul, este sediul sufletului și al intelectului. Astfel, începutul Psalmului 14 și al Psalmului 53, „Zis-a cel nebun în inima sa, Nu este Dumnezeu!..." (KJV), nu face nicio deosebire între gândire și simțire – interpretarea modernă – ci spune doar „în mintea sa cel nebun și-a spus, Nu este Dumnezeu".

   Aristotel, de exemplu, credea că gândul se formează în inimă, nu în creier. În lucrarea sa *Despre tinerețe, bătrânețe, viață și moarte, și respirație,* Aristotel afirmă „...pentru toate animalele cu sânge organul suprem al facultății de simțire este comun tuturor organelor de simț [469^{a} 10–12]... Am precizat în altă parte motivele care fac ca unele organe de simț să aibă – așa cum este evident – legătură cu inima, în timp ce altele își au sediul în cap. Acest fapt îi face pe unii oameni să creadă că datorită creierului animalele de funcția percepției [469^{a} 19–23]" (Barnes 1984, p. 747). Aristotel credea că creierul nu este folosit în principal pentru gândire, ci pentru a răcori corpul [652^{b} 1–30] (Barnes 1984, p. 1016). În lucrarea sa *Despre memorie*, Aristotel se referă la inimă ca la „acea parte a trupului care conține sufletul" [450^{a} 30] (Sorabji 1972, pp. 50 și 80). Și Platon e de acord că sediul sufletului este

inima, nu creierul. În dialogul *Theatetus*, Platon compară înregistrarea informației în memorie cu imprimarea unui sigiliu într-o bucată de ceară și face un joc de cuvinte pornind de la sunetele similare din cuvintele grecești „ceară" și „inimă": „Ori de câte ori ceara din sufletul cuiva este moale, întinsă și frământată într-un mod anume, iar lucrurile care acționează prin percepții lăsându-și pecetea pe acea trăsătură a sufletului pe care Homer, vrând să sugereze asemănarea sa cu ceara (*kêros*), a numit-o inimă (*kear*), atunci pecețile pe care ele le lasă în ceară sunt pure și, suficient de adânci fiind, perene." [*Theaetetus*, 19 C–D] (Benardete 1984, I.65).

3. Vezi Hofstadter și Dennett 1981, pp. 69–95 (capitolul 5) pentru comentarii mai detaliate despre testul Turing.
4. Barrow și Tipler 1986, p. 136; Dubai 1990; Harper 1992.
5. Young 1988, p. 157.
6. Squire 1987, p. 15.
7. Braitenberg 1991.
8. Schwartz 1990.
9. Ibid.
10. Moravec 1988.
11. Bell 1992a, 1992b; Burkhardt 1992.
12. Moravec 1988.
13. Ibid.
14. Polemică citată din Kenny *et al.* 1972, pp. 152–154.
15. McCarthy 1990, p. 611.
16. Penrose 1989, p. 414.
17. Ibid. p. 415.
18. Ibid.
19. Ibid., p. 416.
20. Raup 1991.
21. Maynard Smith 1992, p. 34.
22. Krugman 1990.
23. Penrose 1989.
24. Din punct de vedere matematic, dependența funcțională este $R(t+1)= R(I(t), S(t))$.
25. Din punct de vedere matematic, dependența funcțională este $S(t + 1) = S(I(t), S(t))$.
26. Minsky 1967, p. 24.

27. Vezi, de exemplu, Wolfram 1984 şi Langton 1990.
28. Fredkin şi Toffoli 1982; Margolus 1984.
29. Margolus 1984.
30. Langton 1988.
31. Berlekamp, Conway şi Guy 1982.
32. Searle 1980, 1984. Searle 1980 apare însoţit de comentarii în Hofstadter şi Dennett 1981.
33. Maughan 1992, p. 37.
34. Penrose 1989, p. 29 [nota 8].
35. Searle l984, p. 33.
36. Freitas 1980; Tipler 1981; Barrow şi Tipler 1986, capitolul 9.
37. Von Neumann 1966; Arbib 1969.
38. Cliff, Freitas, Liang şi Von Tiesenhausen 1980.
39. Tipler 1981; Barrow şi Tipler 1986, capitolul 9.
40. Stuhlinger 1964.
41. Froward 1984, 1990; Friedman 1988.
42. O'Neill 1977.
43. Barrow şi Tipler, 1986, p. 581.
44. Fisk şi Reck 1993.
45. Drexler 1986, 1992.
46. Forward 1984, 1986.
47. Drexler 1992.
48. Ibid. 1986, 1992.
49. Ibid. 1992.
50. Sato şi Tsukamato 1993.
51. Wolfe 1985.
52. Augenstein 1993.
53. Augenstein *et al.* 1988; Mills 1988.
54. Augenstein, conversaţii particulare în 1993.
55. Forward 1982, 1985.
56. O'Neill 1977.
57. Aceste calcule referitoare la uşurinţa călătoriilor spaţiale demonstrează că nu trebuie să ne fie teamă că, extinzându-ne, vom răpi teritoriile altor fiinţe inteligente, aşa cum prin expansiunea europenilor după Columb s-au răpit pământurile ne-europenilor. NU EXISTĂ EXTRATEREŞTRI! Dacă ar exista ar fi deja aici. Acest argument a fost dezvoltat pe larg în altă

parte (Barrow şi Tipler 1986, capitolul 9; Tipler 1981), aşa că nu-l voi relua aici. De asemenea, opinia generală a biologilor evoluţionişti (Mayr 1985) este că evoluţia vieţii inteligente este extrem de puţin probabilă, atât de puţin probabilă încât noi constituim, după toate aparenţele, singura specie inteligentă din universul vizibil şi, foarte probabil, singura din întregul univers!

Teoria Punctului Omega oferă un alt argument în sprijinul slabei probabilităţi de existenţă a extratereştrilor: dacă ei ar fi un fapt obişnuit în univers – o specie per galaxie – atunci este probabil că ei ar folosi energia liberă sub formă de masă de repaus înainte ca energia de forfecare să devină disponibilă prin începerea recolapsării. Dacă s-ar întâmpla aşa, atunci viaţa s-ar stinge şi nu ar mai deveni niciodată Punct Omega. Postulatul Vieţii Veşnice garantează că aşa ceva nu se poate întâmpla.

Pe de altă parte, Postulatul Vieţii Veşnice garantează faptul că viaţa de un fel sau altul va îngloba universul. Nu trebuie neapărat să fie vorba de noi sau de urmaşii noştri. Ne putem folosi de liberul arbitru şi să ne autodistrugem. Dacă vom face asta, atunci Postulatul Vieţii Veşnice garantează faptul că o altă specie inteligentă va îngloba universul. (Descendenţii acestei specii vor fi cei care ne vor învia pe noi.)

58. Lasker 1989.
59. Sunt tentat să-l numesc pe acest fluture puternic care mişcă Pământul după numele fluturelui la fel de puternic din *Câteva poveşti* de Rudyard Kipling.
60. Barrow 1982.

Note la capitolul 3. Progrese realizate împotriva Eternei Reîntoarceri şi a Morţii Termice

1. Helmholtz 1961.
2. Darwin 1860, p. 486.
3. Raup şi Valentine 1983.
4. Darwin 1860, p. 489.

5. Raup 1991, p. 3.
6. Barlow 1959, p. 92.
7. Russell 1957, pp. 106–107
8. Weinberg 1977, p. 149.
9. Ibid.
10. Russell 1957, pp. 10–11.
11. Duhem 1954, p. 288.
12. Ibid., p. 290.
13. Alpher and Herman 1948, 1988.
14. Hermann 1972.
15. Stewart şi Tait 1875, p. 172.
16. Interesant este că Stewart şi Tait au încercat să dovedească faptul că această ierarhie a nivelurilor de realitate face posibilă nemurirea oamenilor. Ei susţineau că sufletele omeneşti pot fi transferate, ca şi energia, de pe un nivel inferior pe nivelul imediat superior. După ce voi descrie, în capitolele următoare, mecanismul nemuririi specific Teoriei Punctului Omega, cititorul îşi va da seama că mecanismul Stewart şi Tait este foarte asemănător. Conform Teoriei Punctului Omega, noi vom trăi, într-adevăr, după moarte pe un nivel superior de realitate. Deosebirea esenţială dintre cele două teorii constă în aceea că eu nu am nevoie să apelez la un univers „nevăzut" care nu a fost observat niciodată. În schimb, nivelul superior de realitate din teoria Punctului Omega reprezintă un nivel superior de implementare în computer. Voi amâna discuţia despre ceea ce înseamnă cu adevărat acest lucru până la capitolul 9, dar esenţial este faptul că am observat aceste niveluri diferite în funcţiune. Ele există cu adevărat. S-ar putea ca cei care nu sunt specialişti în ştiinţa computerelor să nu-şi dea seama de aceasta, dar ori de câte ori ei utilizează un computer personal, respectiva maşină foloseşte numeroase astfel de niveluri de realitate diferite. Voi descrie, de asemenea, în capitolul 9 modul în care vom trece, în cele din urmă, de pe nivelul pe care ne aflăm acum pe un nivel superior din computerele viitorului îndepărtat. Stewart şi Tait n-au putut să o facă pentru că în secolul al XIX-lea cunoştinţele de fizică erau rudimentare; în plus, Stewart şi Tait ezitau să accepte faptul că fiinţele omeneşti

pot fi complet descrise de știința fizicii. Prin contrast, eu sunt un reducționist intransigent: totul, inclusiv ființele umane pot fi complet descrise de fizică. Acest reducționism îmi permite să dovedesc și nu doar să presupun, așa cum au făcut Stewart și Tait, că mecanismul nemuririi pe care îl voi descrie funcționează cu adevărat. Oricum, sunt mândru să recunosc în Stewart și Tait pe cei mai distinși predecesori ai mei în efortul de a face viața de după moarte acceptabilă din punct de vedere științific.

17. Brush 1978.
18. Eddington 1928.
19. Jeans 1929.
20. De Santillana și von Dechend 1969, p. 332.
21. Ibid, p. 4.
22. Baillie 1950, p. 42; Eliade 1954; Toulmin and Goodfield 1965.
23. Baillie 1950, p. 4; Sorokin 1937, p. 360.
24. Sorokin 1937, p. 353.
25. Eliade 1954, p. 88.
26. Sorokin 1937, p. 358.
27. Ibid., p. 362.
28. Ibid., p. 363; Jaki 1974, p. 354.
29. Eliade 1954, p. 89.
30. Baillie 1950, p. 47.
31. Toulmin și Goodfield 1965, p. 46.
32. Aristotel, *Problemata,* Book XVII, p. 3.
33. Baillie 1950, p. 48.
34. Platon, *Timaeus* 39; *Politicus* 269C.
35. Baillie 1950, p. 48; Toulmin și Goodfield 1965, p. 45.
36. Needham 1965, p. 29.
37. Augustine, *The City of God,* cartea a 12-a, capitolul 14.
38. Thorndike 1948, pp. 203, 370, 418, 710, 745, 895.
39. Needham 1965, pp. 6, 20.
40. Ibid., p. 22; Needham 1960, pp. 598ff. și 603ff.
41. Needham 1965, p. 6, și Needham 1960, p. 406.
42. Needham 1965, p. 50.
43. Sivin 1966, 1969.

44. Jaki 1974; Tillich 1948; Cullmann 1950.
45. Nietzsche, *Eternal Recurrence,* #5; traducere de Levy 1910.
46. Nietzsche, *The Will to Power,* #1066; traducere de Levy 1910.
47. Ibid.
48. Nietzsche, *Eternal Recurrence,* #7; traducere de Levy 1910.
49. Nietzsche, *The Will to Power,* #1064; traducere de Levy 1910.
50. Nietzsche, *Eternal Recurrence,* #8; traducere de Levy 1910.
51. Kaufmann 1950, p. 270.
52. Heidegger 1991, p. 25 [volumul I, secțiunea 5 din *Nietzsche*].
53. Ibid., pp. 106–132 [volumul II, secțiunea 14–17 din *Nietzsche*].
54. Nietzsche, *The Will to Power,* secțiunea 55; traducere de Kaufmann 1950, p.287.
55. Brush 1978, p. 73.
56. Stambaugh 1972, p. 16.
57. Nietzsche, *Der Antichrist,* secțiunea 34; traducere de Kaufmann 1950, p.275.
58. Nietzsche, *The Gay Science,* secțiunea 125.
59. Sartre 1977.
60. Stambaugh 1972, p. 88.
61. Nietzsche, *Ecce Homo,* capitolul II, secțiunea 10; traducere de Kaufmann 1950, p. 285.
62. Citat şi tradus de Kaufmann 1950, p. 288.
63. Weber, citat de Bloom 1987, p. 194.
64. Nietzsche, *Untimely Meditations, Part II: Of the Use and Disadvantage of History for Life,* secțiunea 9; traducere de Kaufmann 1950, p. 274.
65. Ibid., *Partea a III-a,* secțiunea 6; traducere de Kaufmann 1950, p. 274.
66. Nietzsche, *Der Antichrist,* secțiunea 34; traducere de Kaufmann 1950, p. 275.
67. Nietzsche, *Ecce Homo*, capitolul 3, secțiunea 1; traducere de Kaufmann 1950, p. 274.
68. Nietzsche, citat în Kaufmann 1950, p. 288.
69. Holten 1992.
70. Camus 1975, pp. 3 şi 9.
71. Ibid., p. 123.

72. Nietzsche, *Also Sprach Zarathustra,* capitolul IV, secțiunea 19; traducere de Kaufmann 1950, p. 282.
73. Bäumler, citat de Farias 1989, p. 253.
74. Cassidy 1992, p. 350.
75. De exemplu, Kaufmann 1950, capitolul 10.
76. Nietzsche, *Untimely Meditations,* partea I, secțiunea 1; traducere de Kaufmann 1950, p. 33.
77. Relatările cele mai detaliate și mai demne de încredere despre implicarea lui Heidegger în nazism îi aparține lui Hugo Ott, *Martin Heidegger: Unterwegs zu seiner Biographie* (Frankfurt: Campus Verlag, 1988) și Bernd Martin, *Martin Heidegger und das dritte Reich* (Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1989). Nu am inclus niciuna dintre aceste lucrări în bibliografie pentru că ele nu au fost traduse în engleză. Cea mai bună relatare în limba engleză o constituie articolul „Ce a elaborat Heidegger" de Mark Lilla (1990). Cea mai cunoscută (dar, din păcate, nu prea demnă de încredere) relatare în limba engleză este *Heidegger și nazismul* de Victor Farias (1989).
78. Heidegger, citat de Lilla 1990, p. 50.
79. Harris 1978, p. 324.
80. Heidegger, citat de Harris 1978, p. 323.
81. Acest citat din Heidegger este tradus de Farias (1989, p. 299); traducerea lui Sheehan se găsește în Heidegger (1966, p. 61).
82. Heidegger 1966, p. 56.
83. Ibid., p. 62.
84. Ibid., p. 63.
85. Ibid., p. 57.
86. Ibid., p. 56.
87. Sagan și Newman 1983, p. 115.
88. Schodt 1988.
89. Mori 1974.
90. Ibid., p. 22.
91. Kuhn 1970a, p. 206; vezi și Kuhn 1970b, p. 265.
92. Weinberg 1992.
93. Glashow 1992.
94. Polkinghorne 1989.

95. Lasker 1989.
96. Kubrin 1967.
97. Brush 1976, p. 553.
98. Murray 1815, p. 434.
99. Brush 1976, secțiunea 14.
100. Thompson 1910, p. 111.
101. Arrhenius 1908.
102. Rankine 1852.
103. Brush 1976, secțiunea 14.7.
104. Ibid., secțiunea 14.8.
105. Majoritatea discuțiilor purtate în secolul al XX-lea despre Eterna Reîntoarcere au la bază așa-numitul model al universului închis oscilant dezvoltat în 1922 de matematicianul sovietic Alexander Friedmann. De fapt, Friedmann însuși era conștient de aparenta natură ciclică a timpului în soluția sa și a sugerat că se pot identifica în fiecare ciclu timpii corespunzători. Totuși, în modelul Friedmann raza universului scade la zero la începutul și sfârșitul fiecărui ciclu – acestea sunt numite singularități „Big Bang" și „Big Crunch" – și, astfel, din punct de vedere strict matematic ciclurile sunt separate de câte o singularitate; ele nu sunt „cicluri" reale.
106. Nisbet 1980.
107. Himmelfarb 1980. Cea mai detaliată istorie a Ideii de Progres se găsește la Van Doren 1967.
108. Spencer 1902, pp. 477–529.
109. Ibid., p. 529.
110. Engels 1940, pp. 24–25.
111. Haldane, în Engels 1940, p. 24.
112. Ibid., p. 20.
113. Ibid., p. 24.
114. Milne 1952.
115. Scrisoare a lui Dyson către FJT.
116. Bernal 1969, p. 27.
117. Ibid., p. 28.
118. Ibid.
119. Ibid., p. 46.
120. Ibid., p. 47.

121. Ibid., p. 79.
122. Ibid., p. 80.
123. Lukas şi Lukas 1981.
124. O comparaţie mai detaliată între Teoria Punctului Omega a lui Teilhard şi cea dezvoltată în această carte, ca şi ceva mai mult despre opera lui Teilhard se pot găsi în Barrow şi Tipler, 1986. La pagina 212 din Mortier şi Aboux 1966 se găseşte o fotografie a lui Teilhard; fotografii Halsman, New York.
125. Teilhard 1975, p. 29.
126. Medawar 1961.
127. Teilhard 1975, pp. 43, 52, 66.
128. Ibid., p. 149.
129. Ibid., pp. 57 (notă de subsol), 71, 301.
130. Lukas şi Lukas 1981, pp. 167–175.
131. Mayr 1980, p. 1.
132. Ibid., p. 3.
133. Boesiger 1980, p. 309.
134. Limoges 1980, p. 327.
135. Teissier, citat în Boesiger 1980, p. 310.
136. Teilhard 1975, pp. 63–64.
137. Medawar 1961.
138. Teilhard 1975, pp. 287–288.
139. Ibid., pp. 270–271.
140. Ibid.
141. Ibid., pp. 168–169.
142. Ibid., pp. 239–240.
143 Teilhard către Hyppolite, citat în Cuénot 1965, pp. 254–255.
144 Dyson 1979, 1988.
145. Islam 1977, 1979, 1983.
146. Rees 1969.
147. Dyson 1979, p. 448.
148. Dyson 1988.
149. Gould 1988, p. 319.
150. Ibid., p. 329.
151. Gould 1977, p. 190.
152. Ibid., p. 199.
153. Gould 1983, p. 111.

154. Maynard Smith 1992, p. 35. Dar Maynard Smith a continuat prin a spune: „Sunt de acord cu el în ceea ce priveşte respingerea noţiunii victoriene de progres grandios şi inevitabil către *Punctul Omega*" [sublinerea mea]. Corect. Evident că datele care ţin de evoluţionism nu oferă nicio probă în sprijinul Punctului Omega – Punctul Omega ţine de cosmos, nu are legătură cu Pământul. Iar în ultima jumătate de miliard de ani viaţa a progresat în special în direcţia „spaţiului impulsurilor" – făcând să se mărească nişele ecologice – şi nu în direcţia spaţiului configuraţiilor – viaţa a înglobat întregul Pământ cu miliarde de ani în urmă. Astfel că este mai dificil să se observe progresul aşa decât ar fi în cazul în care ar exista expansiune în spaţiul configuraţiilor. Iar progresul în ultima jumătate de miliard de ani e departe de a fi uniform; ecosistemul dinozaurilor a fost distrus de un meteorit cu vreo 70 de milioane de ani în urmă. Dar cei din epoca victoriană nu s-au aşteptat niciodată ca progresul să fie uniform: numele dat de ei perioadei istorice de regres, cuprinsă între căderea imperiului roman şi renaşterea gândirii, este „Evul întunecat".
155. Maynard Smith 1992, p. 35.
156. Bonner 1988; Boyajian şi Lutz 1992.
157. Raup 1991.

Note la capitolul 4. Fizica din preajma stării finale: Teoria clasică a Punctului Omega

1. Cairns-Smith 1982.
2. Barrow şi Tipler 1986.
3. Dawkins 1986, p. 330.
4. Dawkins 1976, p. 207.
5. Boethius, *Consolation of Philosophy;* cartea a 5-a, proza a 6-a.
6. Origen, citat în Pelikan 1961, p. 90.
7. Pelikan 1961, pp. 48–49.
8. Ibid., p. 91.
9. Dyson 1979.
10. Cei mai de seamă specialişti în teoria relativităţii generalizate – de exemplu, Penrose (1989), Ellis (1988), Hawking

(1988, p. 132) şi John A. Wheeler (conversaţii particulare) – nu au acceptat niciodată Modelul Inflaţionist. Universul inflaţionist a fost întotdeauna sprijinit de specialiştii în fizica energiilor înalte, ale căror cunoştinţe de relativitate generalizată nu sunt atât de profunde cum am dori să credem că posedă nişte fizicieni atât de influenţi.

11. Pannenberg 1972, 18.
12. Pentru alte comentarii referitoare la „nivelurile de implementare", vezi Hofstadter şi Dennett (1981, pp. 379-81).
13. În Biblia iudaică apar numai două dintre aceste nume: Mihail (în Daniel, 10:13 şi 12:1) şi Gavril (tot în Daniel, 8:16 şi 9:21). Tot Mihail şi Gavril sunt singurii îngeri menţionaţi după nume în Noul Testament. Mihail (Iuda, 1:9; Apocalipsa, 12:7) este considerat conducătorul oştilor Domnului. Gavril este, după Luca, îngerul Bunei Vestiri: el este cel care îi vesteşte Mariei că îl va naşte pe Iisus (Luca, 1:26ff). Celelalte două nume de îngeri se găsesc în apocrife: Rafael în Tobit (12:15) şi Uriel în cartea a doua Ezdra (4:1–11). Prin tradiţie, Uriel este îngerul care poartă sabia în flăcări, împiedicându-i pe Adam şi Eva să se întoarcă în grădina Raiului – de aici îi şi vine numele. (Apocrifele sunt cărţi din Vechiul Testament acceptate drept canonice de către romano-catolici, dar nu de către protestanţi sau evrei.)

    Gavril şi Mihail sunt singurii îngeri buni menţionaţi cu numele în Coran. Gavril apare de trei ori în Coran, iar Mihail o singură dată, în Sura *Vacii* (Arberry 1955, vol. I, p. 40). „Oricine îi este duşman lui Dumnezeu şi îngerilor Lui şi mesagerilor Lui şi lui Gavril şi Mihail –..." Coranul menţionează numele altor cinci îngeri: Iblis, echivalentul islamic al lui Satan; Malik, îngerul care supraveghează Iadul; Harut şi Marut, doi îngeri căzuţi; şi, în sfârşit, Malaku'l-Maut, îngerul morţii. După Sura *Vacii* (Arberry 1995, vol. I, p. 40) şi tradiţia islamică, Coranul i-a fost dictat cuvânt cu cuvânt lui Mahomed de către Gavril. Mahomed n-a făcut decât să recite scribilor ce i-a spus Gavril. De fapt, în limba arabă „Coran" înseamnă „Recitare". Întrucât Coranul i-a fost dictat cuvânt cu cuvânt lui Mahomed de către Dumnezeu sub forma lui Gavril şi întrucât Dumnezeu a ales limba arabă medievală

ca să dicteze cartea, Coranul nu poate fi tradus; dacă este redat într-o altă limbă, această redare este în mod necesar o „interpretare", nu o traducere.

Faptul că sufixul (sau prefixul) „-el" înseamnă „Dumnezeu" este cunoscut cititorilor Noului Testament. Ultimele cuvinte rostite de Iisus înainte de a muri pe cruce sunt cele citate de toate Bibliile în ebraică: *„Eloi, Eloi, lama sabachthani*?", ceea ce înseamnă „Dumnezeul Meu, Dumnezeul Meu, de ce M-ai părăsit?" (Marcu, 15:34; Matei 27:46). (Ultimele cuvinte ale lui Iisus sunt cuvintele Psalmului 22:1.)

Cuvântul „înger" vine din grecescul *angelos* care înseamnă „mesager", În accepția populară actuală, „îngerul" este o ființă inteligentă, un intermediar între Dumnezeu şi omenire. Cuvântul grecesc *daimon* ar fi mai aproape de înțelesul actual, dar, de fapt, Pavel şi Ioan folosesc când *angelos,* când *daimon.* Programele superinteligente din viitorul îndepărtat vor fi, desigur, analoage „daimonilor", dar ele pot fi privite şi ca mesageri ai Punctului Omega în transcendența Sa. În creştinism există între Dumnezeu şi omenire o ierarhie de îngeri. Existența acestei ierarhii este impusă de Principiul Plenitudinii aflat la baza teoriei emanației care explică felul în care Dumnezeu a creat universul. Din aceleaşi motive şi în Teoria Punctului Omega există o ierarhie similară, aşa cum voi arăta în capitolele 8 şi 9. Dar în Teoria Punctului Omega ierarhia există în timp, nu în spațiu, ca în creştinism.

Menționez aici că în Teoria Punctului Omega nu există niciun analog al lui Satan; creştinismul şi islamismul greşesc în privința existenței unei astfel de ființe. Chiar în teologia creştină existența lui Satan, considerat a fi fost un înger de cel mai înalt rang înainte de a se fi ridicat împotriva lui Dumnezeu, este problematică. Cum ar putea unui înger de cel mai înalt rang, de o imensă inteligență şi care *ştie* din propria existență că Dumnezeu nu numai că există, dar este atât atotştiutor, cât şi atotputernic, chiar şi numai să-i treacă prin minte să se revolte împotriva lui Dumnezeu? Un asemenea înger ar şti cu certitudine că o insurecție împotriva atotputerniciei lui Dumnezeu este condamnată la eşec. Dificultatea aceasta poate fi depăşită numai prin ipoteza că în

realitate Dumnezeu nu este omnipotent şi că, de fapt, Satan este o fiinţă cu puteri comparabile cu ale lui Dumnezeu. Dar aceasta reprezintă filosofia dualistă: răul este comparabil, în ceea ce priveşte influenţa ultimă, cu binele. Nu aşa stau lucrurile în Teoria Punctului Omega. Aşa cum răul există cu necesitate, binele este în mod necesar mai puternic şi tot în mod necesar câştigă în cele din urmă. Expresia „în mod necesar" semnifică aici, ca întotdeauna, necesitate logică; victoria finală a răului ar fi o contradicţie logică. De observat, de asemenea, importanţa termenului „finală"; probabil că noi nu vom fi înviaţi decât peste trilioane de ani de timp real.

Unii naivi ar putea crede că este posibil ca unele dintre superfiinţele viitorului îndepărtat să fie malefice; poate că o asemenea făptură a răului ar putea fi privită ca un analog al Satanei (sau al unuia dintre subordonaţii săi, îngeri ai răului). Dar o asemenea gândire nu ia în considerare implicaţiile complete ale adevăratei nemuriri sau capacitatea fiinţelor avansate de a învia un sinucigaş. Un muritor dedicat răului, ca Hitler, şi-a putut permite să-i trateze rău pe evrei şi pe slavi. I-a vrut înlăturaţi din calea sa pentru totdeauna şi a crezut că, dacă printr-o puţin probabilă şansă ei vor câştiga războiul, el s-ar putea sustrage justiţiei prin sinucidere. Şi chiar asta a făcut: s-a împuşcat în ultima clipă ca să nu fie capturat de armata rusă. (Trupele ruseşti se aflau la numai câteva sute de metri de bunkerul lui Hitler când acesta a murit.) Dar Hitler nu va scăpa de judecată; el va fi înviat în viitorul îndepărtat de superfiinţe prin mecanismele descrise în această carte şi va trebui să răspundă pentru crimele sale. Hitler a murit încredinţat că moare pentru totdeauna şi nu va mai învia niciodată. Va avea o mare surpriză. Potenţialele fiinţe malefice ale viitorului îndepărtat vor cunoaşte mecanismele de înviere şi nu vor dori să rişte să fie crude cu aceia care sunt ei înşuşi nemuritori şi care, în cele din urmă, dispun de capacitatea de a-i învia pe criminali.

Există o *foarte vastă* literatură despre îngeri. Angelologia a fost la modă în vestul Europei între 1000 şi 1200 d.Hr., vreme în care s-au consemnat numele a *mii* de îngeri. Ca introducere

în acest fascinant subiect, vezi *Dicționar de îngeri,* de Gustav Davidson (1967).

14. Platon, *Timaeus* 37d.
15. *Consolarea filosofiei,* cartea a 5-a, proza a 6-a. Această carte a exercitat o influență enormă în Evul Mediu târziu (cam prin secolul al treisprezecelea).
16. Boethius era creştin şi încerca să exprime teologia creştină în limbajul metafizicii greceşti. Dacă autorii Bibliei au avut în vedere „veşnicia" lui Dumnezeu în sensul lui Boethius şi d'Aquino, atunci aceasta rămâne o problemă deschisă. Profesorul James Barr, de exemplu, specialist în Vechiul Testament la Universitatea din Edinburgh, subliniază în cartea sa *Termeni biblici pentru timp* (Barr 1962) că, din punct de vedere filologic, textele biblice nu ne permit să facem deosebirea între ideea de Dumnezeu veşnic, în sensul de a fi în afara timpului, însă el sugerează că se poate ca autorii textului să fi avut în vedere ambele semnificații (Barr 1962, p. 147). Punctul Omega este „veşnic" în ambele sensuri.

Note la capitolul 5. Determinism în relativitatea clasică generalizată şi în mecanica cuantică

1. Russell 1988.
2. Ar trebui să menționez în treacăt că în teoria relativității generalizate legile de conservare obişnuite sunt valabile în mod aproape banal. În relativitatea generalizată, legea conservării masei-energiei este exprimată sub forma $d^*T = 0$ care decurge din ecuațiile Einstein $G = 8\pi T$, considerate a defini tensorul energiei T, şi din faptul că *orice* metrică g satisface $d^*G = 0$. Pentru comentarii asupra acestei chestiuni vezi Misner, Thorne şi Wheeler 1973, capitolul 15. Principiul inerției nu joacă niciun rol în susținerea existenței universului.
3. Hawking şi Ellis 1973, capitolul 7. Dovada ia în considerare ca ipoteză semnificația fizică a axiomei alegerii şi faptul că spațiu-timpurile *fizice* sunt cele pentru care g-urile şi F-urile admit derivate cel puțin până la ordinul patru. Axioma

Alegerii spune că, dată fiind o colecție arbitrară de mulțimi, este posibil să se formeze o altă mulțime extrăgând exact câte o singură componentă din fiecare mulțime a colecției. Axioma este adevărată în cazul în care colecția de mulțimi este finită și fiecare mulțime are un număr finit de elemente, dar existența unui unic domeniu maximal de dependență impune ca Axioma Alegerii să fie valabilă pentru o colecție infinită de mulțimi, fiecare cu un număr infinit de componente. Nu este tocmai evident că acest lucru ar avea semnificație fizică.

4. Tipler 1979, 1980.
5. Rosen 1975, p. 330. Totuși, așa cum astăzi majoritatea fizicienilor nu cred în MWI, majoritatea astronomilor din vremea lui Kepler nu credeau în Copernic. Între 1543 (anul apariției cărții lui Copernic) și anul 1687 (anul publicării *Principiilor* lui Newton, lucrarea care a încheiat polemica în favoarea lui Copernic) au fost publicate 2.330 de cărți de astronomie, dar numai 180 dintre ele sprijineau teoria copernicianã – aproximativ 8% din total. Vezi de Santillana, 1959, p. 164.
6. Raub 1991 (nepublicată).
7. Gell-Mann 1992.
8. Weinberg 1992, pp. 82, 232; Llewellyn Smith 1993.

Note la capitolul 6. Versiunea cuantică a Teoriei Punctului Omega

1. În unele cosmologii cuantice, datele inițiale sunt Y(h, F, S) și derivatele lor de ordinul întâi.
2. În limbaj tehnic, $M = S \times R^1$.
3. Pentru detalii despre felul în care funcționează aceasta vezi secțiunea 7.2 din Barrow și Tipler (1986). Argumentul trebuie să fie generalizat la hamiltonieni arbitrari care prezintă limite clasice. Voi presupune în cele ce urmează că o astfel de generalizare există.
4. Condiția la Limită Hartle-Hawking este formulată, cu ceva mai multă precizie, astfel: „funcția de undă universală este acea funcție de undă pentru care suma Feynman peste toate

drumurile (clasice şi de alt tip) care duc într-un punct dat (h,F,S) este realizată pentru drumurile care nu au frontiere (mai precis, varietatea cvadridimensională corespunzătoare unui drum dat este o varietate compactă a cărei unică frontieră este (h,F,S))".

5. Freedman şi Luo 1989, p. 3.
6. Lawson 1974; Thurston 1976.
7. Mai precis, sunt varietăţile tridimensionale diferenţiabile încorporate pentru care vectorii perpendiculari pe aceste foi definesc câmpuri vectoriale globale, astfel încât t parametrizează exfolierea, iar dt este forma perpendiculară pe fiecare dintre aceste foi.
8. Hawkink şi Ellis 1973.
9. Hartle 1991.
10. Pannenberg 1977.
11. Ibid. 1981.
12. Ibid. 1977.

Note la capitolul 7. Despre cum poate apărea liberul arbitru din mecanismul cosmologic cuantic

1. James 1948, pp. 40–41.
2. Pannenberg 1971, p. 242.
3. Pentru comentarii asupra acestui aspect important vezi Earman (1986, pp. 241–242).
4. Geroch şi Hartle 1986.
5. Freedman şi Luo 1989, p. 3.
6. Se pot scrie ecuaţii pentru funcţia de undă universală, care să nu aibă nicio semnificaţie matematică – de exemplu, funcţia de undă satisface faimoasa ecuaţie Feynman U = 0 (Feynman 1964, vol. II, p. 25:11). Această ecuaţie se obţine strângând mai întâi laolaltă *toate* ecuaţiile fizicii: de exemplu, F = ma din Principiul al Doilea al Mecanicii al lui Newton; ecuaţia de câmp din teoria relativităţii generalizate a lui Einstein $G = 8\pi T$; ecuaţia Legii lui Ohm V = RI şi aşa mai departe. Apoi se rescriu toate aceste ecuaţii scăzând expresia din membrul drept al fiecărei ecuaţii din ambii membri, obţinând

astfel $F - ma = 0$; $G - 8\pi T = 0$, $V - RI = 0$ şi aşa mai departe. Să observăm că acum toate ecuaţiile fizicii sunt de forma „ceva = 0". Vom însuma acum pătratele acestor ecuaţii. Suma tuturor expresiilor din membrul stâng o vom numi U. Evident că $U = 0$. Aşa cum a spus Feynman însuşi, această „ecuaţie" nu are absolut nicio semnificaţie. Ea nu conţine niciun fel de informaţie în plus faţă de cea conţinută în ecuaţiile originale.

7. Monk 1976, p. 234.
8. Boolos şi Jeffrey 1974.
9. Ibid. 1974.
10. Machtey şi Young 1979, p. 192.
11. Monk 1976, p. 234; Boolos şi Jeffrey 1974, capitolul 21.
12. Machtey şi Young 1978, 1981.
13. Turing 1950, p. 459; din păcate, această parte din articolul lui Turing *nu* mai apare la Hofstadter şi Dennett 1981.
14. Wald 1950.
15. Ibid., p. 27.
16. Von Neumann şi Morgenstern 1953, p. 143.
17. Penrose 1989, p. 400.
18. Eccles 1989; 1990.
19. Penrose 1989, p. 401.
20. James 1948.
21. Monod 1971; vezi capitolul 7.
22. Vezi, de exemplu, Root-Bernstein (1989, în special pp. 360–366) şi referinţele de aici.
23. Hofstadter şi Dennett 1981, p. 380.
24. Libet şi ceilalţi 1983.
25. Friedman 1986, pp. 358–361; Tipler 1988.
26. Kant 1950, p. 525.
27. Feynman 1986, p. 55.

Note la capitolul 8. Punctul Omega şi universul fizic există în mod necesar

1. Kant 1950.
2. Williams 1981.
3. Kant 1950, p. 524.

4. Pentru comentarii suplimentare în legătură cu problema dacă o simulare trebuie să fie considerată reală în cazul în care copiază suficient de fidel universul real, vezi Hofstadter şi Dennett 1981, în special pp. 73–78, 94–99 şi 287–320.
5. Kant 1950, p. 505.
6. Barrow şi Tipler 1986.
7. Platon, citat de Hick 1978, p. 73.
8. Plotin, *Enneads* (cartea a 5-a, capitolul 2, secţiunea 1), citat de Hick 1978, p. 74.
9. Augustin, citat de Lovejoy 1936, p. 67.
10. Lovejoy 1936.
11. Ibid., p. 52.

Note la capitolul 9. Fizica învierii morţilor la viaţa veşnică

1. Pannenberg 1970, p. 80.
2. Rheingold 1991; Gelernter 1991; Benedikt 1991.
3. Barrow şi Tipler 1986, p. 565.
4. Pentru alte discuţii pe marginea acestei proprietăţi a exponenţialelor duble, vezi Penrose 1989.
5. Bekenstein 1981; Schiffer şi Bekenstein 1989; Penrose 1989.
6. Limita Bekenstein este scrisă uneori sub forma $I \leq A/4L_P^2 \ln 2$, unde $L_P \simeq 10^{-35}$ m este lungimea Planck. Dacă folosim această variantă a limitei, atunci o fiinţă umană trebuie să fie codificată de 10^{70} biţi sau mai puţin. Naivii ar putea crede că limita Bekenstein face imposibilă stocarea unei cantităţi de informaţie arbitrar de mare atunci când raza universului R tinde la zero, de vreme ce suprafaţa celei mai mari sfere care ar putea exista în univers tinde şi ea la zero când $R \rightarrow 0$. Limita Bekenstein se aplică Teoriei Punctului Omega, dar, întrucât viaţa a cuprins întregul univers, iar frontiera-c reprezintă un singur punct, limita Bekenstein nu face decât să restrângă viteza de divergenţă a stocării informaţiei. (În aceste condiţii limita Bekenstein este mai puţin restrictivă decât alte constrângeri care acţionează asupra vitezei de divergenţă pe

care le-am analizat în altă parte [Barrow şi Tipler 1986]). Ca să ne convingem de asta, să observăm că limita Bekenstein *generală* asupra informaţiei I dintr-o regiune nu este $A/4L_P^2 \ln 2$, ci $I \leq (2\pi)^2 ER/hc \ln 2$, unde R este raza celei mai mici sfere care circumscrie regiunea respectivă, iar E este energia totală din acea regiune. (Acest lucru este analizat în *Anexa pentru oamenii de ştiinţă*.) Dacă R este proporţională cu raza întregului univers închis, atunci e clar că, în cazul în care energia din univers diverge mai rapid decât R^{-1}, atunci RHS din inegalitatea Bekenstein diverge la rândul său. În *Anexa pentru oamenii de ştiinţă* demonstrez că, în Teoria Punctului Omega, E diverge ca R^{-3}, astfel că atunci când $R \to 0$ informaţia totală stocată poate diverge ca R^{-2}. În *Anexa pentru oamenii de ştiinţă,* din $(2\pi)^2 ER/hc \ln 2$ voi deduce o limită Bekenstein mai restrictivă $A/4L_P^2 \ln 2$. Modul de derivare porneşte de la premisa că informaţia este limitată de formarea unei găuri negre care, la rândul său, porneşte de la premisa că stocarea informaţiei este restrânsă la o porţiune foarte mică din univers, ca şi de la aceea că topologia frontierei-c viitoare nu este cea corespunzătoare unui punct (să ne amintim că o frontieră-c viitoare punctiformă nu implică orizonturi de eveniment). Niciuna dintre aceste ipoteze nu mai este valabilă în cazul în care universul sfârşeşte într-un Punct Omega. Astfel încât rămâne aplicabilă numai limita Bekenstein generală şi am constatat deja că ea nu împiedică stocarea unei cantităţi divergente de informaţie. Limita Bekenstein $A/4L_P^2 \ln 2$ se aplică fiinţelor umane pentru că şi noi *suntem* restrânşi într-o mică regiune din spaţiu-timp în care se pot forma găuri negre. (Acest argument oferă un motiv în plus pentru care viaţa, dacă e să existe veşnic, trebuie să se extindă astfel încât să cuprindă tot universul. Numai în acest fel viaţa poate să evite limita Bekenstein restrictivă $A/4L_P^2 \ln 2$ care ar impune ca viaţa şi procesarea informaţiei să înceteze după un timp subiectiv finit şi asta pentru că $A \to 0$, când $R \to 0$.)

7. Penrose 1989.
8. Masa este obținută din $M = (4\pi/3)R^3D$, unde D reprezintă densitatea cosmologică medie despre care se știe că este mai mică decât 10^{-29} grame pe centimetrul cub.
9. Vezi, de exemplu, Reif 1965, capitolul 9.
10. Vezi, de exemplu, Halzen și Martin 1984, pp. 89–91.
11. Wootters și Zurek 1982.
12. Ibid., 1982.
13. Moravec 1988, pp. 122–124.
14. Updike 1989, p. 227.
15. Newton 1680?; citat de Force 1994.
16. Ibid.
17. Pentru o relatare completă, vezi Froom (1965) și pentru comentarii mai detaliate asupra evoluției credinței în perioada Reformei din Anglia, vezi Burns (1972).
18. Flew 1987, p. 12.
19. Flew 1964, p. 6; ghilimelele aparțin lui Flew. Vezi cele mai recente două capitole despre identitatea personală în Flew 1987.
20. Flew 1964, p. 6; ghilimelele aparțin lui Flew.
21. Flew 1987, p. 9.
22. Gibbs 1875, pp. 166–167.
23. Maxwell 1878, pp. 645–646. Acest calcul al lui Maxwell reprezintă *prima* dovadă publicată în sprijinul ideii că energia este cuantificată. El vine cu douăzeci și doi de ani mai devreme decât articolul lui Planck. Așa că Maxwell, și nu Planck, este adevăratul descoperitor al cuantificării energiei. Mai mult decât atât, spre deosebire de Planck, Maxwell *știa* – așa cum dovedește fără putință de tăgadă pasajul citat – că, în anumite situații, termodinamica necesită cuantificarea energiei.
24. Ibid., p. 645.
25. Gibbs 1902, pp. 188–207.
26. Gibbs 1875, pp. 166–167.
27. Plutarch, *Life of Theseus.*
28. Plutarch, citat de Wiggins 1980, p. 92.
29. Hobbes, *De Corpore* II, 11; citat de Wiggins, 1980, p. 92.
30. Held și Marshall 1991; Storer 1988; Davisson și Gray 1976.

31. Rumelhart şi Ortony 1976; Loftus 1979, p. 111.
32. Hume 1965, p. 284.
33. Flew 1987, pp. 133–134.
34. Khosla 1992.

Note la capitolul 10. Ce se întâmplă după înviere: Rai, Iad şi Purgatoriu

1. Tertullian, *De Carne Christi,* 5; citat în Pagels 1979, p. 4.
2. Young 1951, pp. 61–64.
3. Pentru alte discuţii referitoare la interpretările tradiţionale date trupului lui Iisus după înviere, vezi Robinson (1952), Dahl (1962) şi Schep (1964). (Aşa cum voi arăta în capitolul 12, personal nu cred să se fi petrecut în realitate niciunul dintre aceste evenimente.)
4. Pentru o introducere în teoria jocurilor, vezi Wang 1988.
5. *Teoria preţurilor* a lui David Friedman reprezintă cea mai bună introducere în microeconomie, acea parte a economiei care se aplică tuturor fiinţelor ce se supun principiilor termodinamicii (care implică faptul că la orice moment de timp dat resursele sunt finite). Doar faptul că aceste legi economice particulare se aplică oricărei fiinţe vii îmi dă voie să fac uz de ele pentru a prezice comportarea fiinţelor vii în viitorul îndepărtat. Friedman nu are studii de economie: el şi-a luat doctoratul (la Universitatea din Chicago) în teoria particulelor elementare, iar educaţia sa de fizician se face simţită în această carte.
6. Axelrod 1984; în special pp. 134–136.
7. Nowak şi Sigmund 1992.
8. Becker 1981, p. 173.
9. În limbaj matematic aceste două condiţii sunt:
   (1) U_A (Z_{1A}, Z_{2A}, …, Z_{mA}, $\Psi(U_B)$) şi (2) $\partial U_A/\partial U_B > 0$, unde U_A şi U_B reprezintă utilităţile persoanelor A şi B, iar Z_{jA} reprezintă articolul cu numărul j consumat de A.
10. Friedman 1986, capitolul 20.
11. Becker 1981, pp. 82 şi 189.
12. Hume 1755; reluat în Flew 1964, p 187.

13. Hume 1776 [1977], p. 77.
14. Acesta este un infinit numărabil: $\aleph_0$.
15. Russell 1931, p. 358.
16. Barrow şi Tipler 1986, pp. 92–95.
17. Von Neumann şi Morgenstern 1953, capitolul 15.
18. Gardner 1959, p. 38.
19. Berlekamp, Conway şi Guy 1982, Vol. 2, pp. 669–672.
20. Pentru alte comentarii referitoare la semnificaţia liberului arbitru în această situaţie, vezi Robinson (1968, p. 59) şi James (1948, p. 62).
21. Gardner 1959, pp. 45-46.
22. Becker 1981, p. 183; Friedman 1986, p. 492.
23. Gardner 1959, p. 40.
24. Opinia lui Origen despre iad este comentată în Trigg 1983, pp. 89, 118 şi 138.
25. Christian Gottlieb Barth, citat în Pelikan 1988, p. 5.
26. Smith şi Haddad 1981, pp. 164–167.
27. Becker 1981; Friedman 1986, capitolul 20.
28. Price 1963, p. 50.
29. Friedman 1986, p. 24.
30. Baumeister şi Wotman 1992.
31. McDannell şi Lang 1988.
32. Tuchman 1962, p. 167 (în capitolul 11: „Liège şi Alsacia".
33. Lactantius 1886, p. 271 (în capitolul 13 din *Mânia Domnului);* citat în Hick 1978, p. 5, n. 1.
34. d'Aquino, *Summa Theologica,* articolul 3 din partea I, problema 2; citat în Hick 1978, p. 4, n. l.
35. Hick 1978, p. 6.
36. Pentru un rezumat recent al acestor argumente, vezi Martin 1990.
37. Hick 1978, p. 238.
38. d'Aquino, *Summa Theologica,* partea a III-a, problema 1, articolul 3.
39. Augustin, *Enchiridion,* cartea a 8-a, capitolul 27.
40. Julian de Norwich 1961, capitolul 27.
41. Suprafaţa sferică bidimensională care conţine viaţa are grosimea ΔR şi raza R. Deoarece informaţia stocată este

proporțională cu E/T care, la rândul său, este proporțional cu ΔR înmulțit cu R^2 , iar R este proporțională cu timpul real. Aceasta implică faptul că $I \propto t^2$.

42. Hayek 1941, p. 147.
43. Hayek 1972, p. 222.
44. Unii economiști, ca de exemplu William Baumol de la Princeton, cel mai mare expert în economia resurselor din lume, au sugerat (Baumol 1986) că, printr-o mai eficientă utilizare a resurselor disponibile finite, resursele pot crește nelimitat. Baumol își dă, totuși, seama că problema existenței unor resurse nelimitate este, în cele din urmă, o problemă de fizică. El conchide fără tragere de inimă că fizica spune că resursele sunt limitate. Dar greșește.

Note la capitolul 11. Comparație între Raiul prezis de fizica modernă și viața de apoi în care speră marile religii ale lumii

1. Needham 1956, p. 141.
2. Ibid., p. 152.
3. Ibid., p. 141.
4. Yoke 1985, pp. 184–187.
5. Ibid., p. 184.
6. Needham 1956, p. 153; Yoke 1985, pp. 174 și 186–187.
7. Van Gulik 1976, p. 236.
8. Needham 1956, p. 369.
9. Ibid., p. 375.
10. Ibid., pp. 369 și 376.
11. Ibid., p. 387.
12. Ibid., p. 387.
13. Griffith 1889, p. 528.
14. Ibid., p. 538.
15. Gandhi 1962, p. 16.
16. Ibid., p. 10.
17. Ibid., p. 115.
18. Ibid., p. 25.

19. Rahula 1959, p. 97.
20. Stcherbatsky 1978, pp. 23–24; Rahula 1959, p. 38.
21. Rahula 1959, p. 41.
22. Stcherbatsky 1978, p. 24.
23. Ibid., p. 70.
24. Gandhi 1962, p. 199.
25. Rahula 1959, p. 35.
26. Ibid., p. 43.
27. „Mahayana" înseamnă „tehnică superioară", iar „Hinayana", „tehnică inferioară". Voi emite o ipoteză în legătură cu ramura care a denumit aceste două ramuri ale budismului. („Theravada" înseamnă „doctrina celor vârstnici" sau budismul „ortodox". Nu mai e nevoie să spun că „Theravada" este preferată de adepții acestei ramuri.)
28. Hamilton 1967, p. 359.
29. Masutani 1967, p. 793. Masutani a fost timp de mulți ani profesor de budism la Universitatea din Tokio.
30. Gandhi 1962, p. 198.
31. Goldman 1991, p. 220.
32. Ibid.
33. Mbiti 1970, p. 23.
34. Ibid., p. 264.
35. Parrinder 1969, p. 38.
36. Mbiti 1970, p. 260.
37. Ibid., pp. 260, 262.
38. Ibid., p. 260.
39. Ibid., p. 264.
40. Bolaji-Idowu 1963, p. 189.
41. Ibid., p. 200.
42. Hultkrantz 1979, pp. 283–284.
43. Coe 1975, pp. 90–91.
44. Tompkins 1990, p. 45.
45. Coe 1975, p. 101.
46. Wilbert 1975. Părerea lui Wilbert conform căreia miturile Warao sunt, probabil, similare miturilor precolumbiene trebuie, totuși, privită cu circumspecție. În numeroase mituri pe care le povestește, Warao sunt purtați spre diferitele lor

raiuri pe cai! Este binecunoscut faptul că în America nu existau cai înaintea sosirii europenilor.

47. Hultkrantz 1979, p. 134.
48. Goldman 1991, p. 34.
49. Olan 1971, 16.
50. Eisenman şi Wise 1992, p. 20.
51. Wolfson 1948, pp. 396, 404, 406, 408; Olan 1971, p. 17; Nickelsburg 1972.
52. Martin 1968, p. 117.
53 Ibid., p. 114.
54. Ibid., p. 118.
55. Nezikin 1935, p. 601.
56. *Sanhedrin* 90b–91a, Nezikin, 1935, p. 607.
57. *Sanhedrin* 91a; Nezikin, 1935, p. 607.
58. *Sanhedrin* 91a; Nezikin, 1935, p. 607–608.
59. *Sanhedrin* 91a; Nezikin, 1935, p. 612.
60. Olan 1971, p. 49.
61. *Sanhedrin* 91a–91b; Nezikin, 1935, p. 610–611.
62. Wolfson 1965, p. 55; Olan 1971, p. 45.
63. Olan 1971, p. 58.
64. Ibid. p. 60.
65. Martin 1968, p. 85.
66. Olan 1971, p. 61.
67. Maimonide IV:24; Rosner 1982, p. 33.
68. Olan 1971, p. 66.
69. Ibid. p. 77.
70. Vulgata, traducere de Douay Rheims. Cele mai vechi texte sunt cu totul deformate, aşa că nu ştim ce spunea originalul. În KJV se spune: „[25] Căci ştiu că mântuitorul meu e viu şi în ziua cea din urmă va veni pe pământ; [26] Şi chiar dacă viermii îmi vor fi ros trupul, în trup voi fi când îl voi vedea pe Dumnezeu; [27] Pe care însumi îl voi vedea şi ochii mei îl vor zări deşi puterile-mi slăbesc". NEB spune: „Dar în inima mea ştiu că salvatorul meu e viu şi că la urmă se va ridica şi va vorbi la judecată; şi voi zări martorul meu stând lângă mine şi-l voi vedea pe apărătorul meu, Dumnezeu însuşi [27] pe care eu însumi îl voi vedea, cu ochii mei, eu şi nu altul". Iar RSV: „[25] Căci ştiu că Mântuitorul meu e viu şi la sfârşit

va veni pe pământ; [26] şi după ce trupul meu va fi pierit, fără de trup [sau cu trup] îl voi vedea pe Dumnezeu care va sta alături de mine, [27] pe care eu însumi îl voi vedea şi pe care cu ochii mei îl voi zări, eu şi nu altul. Inima mea se stinge în mine!".

Evident, traducerea Vulgatei – datorată Sf. Ieronim – evocă cu mai multă putere învierea trupului decât o fac traducerile mai fidele NEB sau RSV. Traducerea KJV este, la rândul ei, mai sugestivă în ceea ce priveşte învierea în trup, deşi personal găsesc KJV total confuză, în special în cazul versetelor 26 şi 27.

71. Cullmann 1965. Conferinţele Ingersoll de la Harvard reprezintă un ciclu de conferinţe instituit testamentar despre viaţa de apoi.
72. Schillebeeckx 1987, p. 518.
73. Ca exemple, vezi Robinson 1952, p. 14; Polkinghorne 1986, p. 76 şi Chadwick 1986, p. 34.
74. Barth 1959, p. 154.
75. H. Maspero, tradus şi citat în Needham 1956, p. 153.
76. Wolfson 1965.
77. Nickelsburg 1972.
78. Schillebeeckx 1987, pp. 518–523, 723, n. 1.
79. Wolfson 1965, p. 96.
80. Celsus 1987, p. 109.
81. Ibid., p. 110.
82. Pannenberg 1984.
83. Ibid., pp. 130–131.
84. Pannenberg 1984, 1989.
85. Pannenberg 1989.
86. Pannenberg 1984.
87. Polkinghorne 1986, pp. 76–77.
88. Polkinghorne, Scrisori către FJT din 16 aprilie 1989.
89. Ayala 1974.
90. Earman 1986, p. 142.
91. Polkinghorne 1986, p. 86.
92. Ibid., capitolul 6.
93. Mayr 1988.
94. Weinberg 1987.

95. Ibid., 1992.
96. Arberry 1955, volumul I, p. 40.
97. Arberry 1955.
98. Andrae 1955, p. 58.
99. Arberry 1955, volumul I, p. 313; (sublinierea mea).
100. Ibid., p. 307.
101. Smith şi Haddad 1981, p. 21.
102. Arberry 1955, volumul II, p. 314.
103. Andrae 1955, p. 58.
104. Arberry 1955, volumul II, p. 110.
105. Ibid., volumul I, p. 346.
106. Ibid., volumul I, p. 94.
107. De exemplu, Andrae 1955, p. 59.
108. Arberry 1955, volumul II, p. 140.
109. Smith şi Haddad 1981, pp. 5-6, 33.
110. Ibid., p. 33 şi n. 3, p. 205.
111. Ibid., p. 133.
112. Vezi Küng 1985, pp. 130–134. Conciliul de la Florenţa din 1442 a fost şi mai explicit: „Sfânta biserică romană... crede cu tărie, mărturiseşte şi proclamă că nimeni din cei aflaţi în afara bisericii catolice: nici evreii, nici ereticii, nici schismaticii, nu vor avea parte de viaţa veşnică decât dacă înainte de a muri vor veni în biserica catolică, altfel vor avea parte de focul veşnic pregătit pentru diavol şi îngerii lui". (citat de Küng 1985, p. 130.)
113. Al doilea Conciliu al Vaticanului, articolul 16 din Constituţia Bisericii.
114. Pannenberg 1984, pp. 135–136.
115. Talmud, *Mishnah Sanhedrin* (Nizikin 1935, p. 601).
116. Tüg 1987, p. 88.
117. Smith şi Haddad 1981, pp. 12, 22.
118. Ibid., p. 24.
119. Arberry 1955, volumul II, p. 124.
120. Smith şi Haddad 1981, p. 82.
121. Taha 1987.
122. Watt 1960, pp. 123–124.
123. Ibid., p. 61.
124. 'Ali Dashti 1985, pp. 80–85.
125. Pipes 1990.

Note la capitolul 12.
Teoria Punctului Omega şi creştinismul

1. Flew 1984.
2. Mann 1986 anunţă consensul savanţilor, cu toate că Mann nu este de acord că Mark e anterior.
3. Fitzmyer 1981, p. 57.
4. Munck 1967.
5. Fitzmyer 1981.
6. Mann 1986.
7. Fitzmyer 1981, pp. 53–57; Mann 1986, pp. 72–77: Munck 1967, pp. xlvi–liv.
8. Macquarrie 1986. Sf. Pavel consideră de asemenea că învierea lui Iisus reprezintă adevărul central al creştinismului, aşa cum o arată în Epistola I către Corinteni, 15.
9. Muggeridge 1990, p. 30.
10. Vezi, de exemplu, Enoch I, 51:4; 57:15ff; acest exemplu este luat în discuţie de Baillie 1936, p. 162.
11. Josephus, *Războiul Evreiesc*, cartea a III-a, capitolul 8; Cornfeld 1982, p. 240.
12. Baillie 1936, p. 162.
13. Babbage 1837, capitolul 11.
14. Flew şi Habermas 1987.
15. Vezi, pentru exemple, Schillebeeckx (1987) şi Küng (1985). (Wolfhart Pannenberg constituie o excepţie notabilă. El este convins că Iisus a înviat din morţi în sens obiectiv. Pentru opinii care sprijină această concepţie, vezi Pannenberg [1968]).
16. Hume 1965, partea a II-a, secţiunea a X-a [„Despre Miracole"].
17. Drake 1972.
18. Ibid.
19. Vezi, de exemplu, „Mutilări ale vitelor: un caz de iluzie colectivă" de James R. Stewart, „Oroarea de la Amityville" de Robert L. Morris şi „O farsă OZN controlată: câteva lecţii" de David I. Simpson; toate cele trei articole se găsesc în Frazier 1981.
20. Vezi, de exemplu, articolul lui Drake (Drake 1972) menţionat mai sus, ca şi cărţile lui Klass (1974, 1983).

21. Pentru o scurtă discuție despre iluzia radiațiilor N, vezi Klass 1974. O descriere ceva mai savantă o puteți găsi în Solla Price 1961 (în Bibliografie și în bazele de date apare ca „Price 1961").
22. Morrison 1972.
23. Christie-Murray 1976, p. 41.
24. Ibid., 56.
25. Pannenbreg 1989, p. 267.
26. Celsus 1987, p. 106.
27. Ibid., p. 107.
28. Chadwick 1986; Christie-Murray 1976; Pelikan 1971. Știm astăzi că singurul enunț lipsit de dubiu despre Treime din Biblie, Întâia Epistolă Sobornicească a Sf. Apostol Ioan 5:7: „Căci trei sunt cei care mărturisesc în cer: Tatăl, Cuvântul și Sfântul Duh, și aceşti trei Una sunt" (KJV), a fost inserat în secolul al IV-lea. (Versiunea standard revizuită omite acest verset fără să facă vreun comentariu și, în schimb, ultima frază a celui de-al 6-lea verset din KJV apare aici ca versetul cu numărul 7.) Evanghelia după Ioan vorbește, la rândul ei, despre Iisus ca despre Dumnezeu (Ioan 1:1 „La început era Cuvântul și Cuvântul era la Dumnezeu și *Dumnezeu era Cuvântul* [sublinierea mea]", alături de Ioan 1:14: „Și Cuvântul S-a făcut trup și S-a sălășluit între noi..." nu lasă loc niciunei îndoieli). Totuși, părerea generală este că Evanghelia după Ioan a fost redactată în jurul anului 100 d.Hr., la mult timp după moartea lui Iisus, așa că ea nu ar exprima ideea epocii aceleia.
29. Kung 1985.
30. Schillebeeckx 1987.
31. McBrien 1980, p. 764.
32. Maritain 1962, p. 166.
33. Ibid., p. 163.
34. Ibid., p. 164; sublinierea îi aparține lui Maritain.
35. Cesare Cremonini a fost cel mai celebru profesor de filosofie aristotelică de la începutul secolului al XVII-lea, adică din perioada în care Tycho Brahe a demonstrat că „noile stele" – numite astăzi „supernove" – se află la distanțe stelare și în care Galileo și-a desfășurat activitatea. Ne amintim astăzi de Cremonini ca de profesorul care a refuzat să privească prin

telescopul lui Galileo. Nici nu avea de ce; el *ştia* pe baza raţionamentului pur că Galileo nu vedea ceea ce în realitate vedea. După Aristotel, substanţa planetelor este astfel încât nu se poate modifica. De aceea, dacă Galileo ar fi văzut o schimbare, ea nu ar fi fost altceva decât o iluzie optică. Cremonini l-a acuzat pe Galileo şi pentru a se fi folosit de matematică în scopul descrierii mişcării proiectilelor. O dată în plus Cremonini *ştia* că matematica nu e de niciun folos pentru rezolvarea unei asemenea probleme, pentru că Aristotel afirmase acest lucru cu două mii de ani în urmă. Astăzi, Cremonini nu este menţionat de istorici decât ca un bun exemplu de prost exemplu; opera sa filosofică nu are nicio valoare.

Dar pentru filosofia sa învechită, Cremonini a fost bine răsplătit. El şi Galileo au fost timp de optsprezece ani colegi la Universitatea din Padova. Cremonini primea un salariu anual de 2000 de ducaţi, care-i permitea să ducă o viaţă de aristocrat. Galileo, în schimb, a început în 1592 la Padova cu un salariu de numai 180 de ducaţi, salariu care în 1598 a crescut la 520 de ducaţi. În final, în 1610, după ce Galileo făcuse marile sale descoperiri cu ajutorul telescopului său, descoperiri care l-au făcut celebru în toată Europa, i-a fost oferit un salariu de 1000 de ducaţi – jumătate din ce primise vreme de ani de zile Cremonini – cu menţiunea expresă că nu va mai primi o altă creştere! Galileo a plecat indignat şi a devenit şeful matematicienilor şi filosofilor de la curtea Marelui Duce al Toscanei. (De Santillana 1959, p. 29n, prezintă salariile în mod comparativ şi filosofia lui Cremonini. Vezi, de asemenea, referinţele bibliografice la Cremonini şi „fizica aristotelică" în Drake 1980. Cititorul este informat că „florinul" şi „ducatul" erau monede cu aproximativ aceeaşi valoare; prima circula cu precădere în Toscana, iar cea de-a doua în Veneţia).

36. Maritain 1962, p. 163.
37. Schillebeeckx 1987.
38. McBrien 1980, p. 764.
39. McBrien 1980, pp. 765–767.
40. Allen 1940, p. 40 din Anexă.
41. Franklin 1938, p. 27.

42. Ibid., p. 29.
43. Ibid., p. 15.
44. Ibid., p. 38.
45. Flew 1984, p. 107. O piatră funerară cu acest epitaf a fost ridicată lângă mormântul lui Franklin în cimitirul bisericii Christ Church din Philadelphia.
46. Jefferson 1983, p. 27.
47. Ibid., p. 334.
48. Ibid., p. 405.
49. Ibid., p. 40.
50. Flexner 1970, p. 227.
51. Walters 1992, pp. 34–46, aduce un argument similar.

Note la capitolul 13. Concluzie: teologia ca ramură a fizicii

1. Wolfson 1965.
2. A. Linde, conversație particulară.
3. McNeill 1976, pp. 266–267.
4. Ackerknecht 1948.
5. Tyndall 1897, p. 197. Afirmația nu există în prima versiune publicată (Tyndall, 1874) de Belfast Address. Ar fi trebuit să apară la începutul primului paragraf complet de la p. 61 din Tyndall, 1874.
6. Weinberg 1987.
7. Kenny 1969.
8. Kuhn 1957.
9. McNeil 1976, pp. 2, 208–209.
10. Andrae 1955.
11. Pelikan 1971, pp. 44–45.
12. Jaki 1986, p. 74.
13. Weinberg 1987; 1992, pp. 243–244.
14. Weinberg 1992, p. 244.
15. Ibid., p. 256.
16. Gandhi 1962, pp. 20–21.
17. Weinberg 1992, p. 260.

bibliografie selectivă

Ackerknecht, Erwin H. 1948. „Anti-contagionism Between 1821 and 1867". *Bulletin of the History of Medicine* **22**: 562-593.

Allen, Ethan 1940. *Reason, the Only Oracle of Man.* New York: Scholars' Facsimiles & Reprints.

Alpher, Ralph A., and Robert Hermann 1948. „Evolution of the Universe". Nature **162**: 774-775.

—— 1988. „Reflections on Early Work on 'Big Bang' Cosmology". *Physics Today* **41** (August #8, part 1): 24-34.

Andrae, Tor 1955 (1932). *Mohammed: The Man and His Faith* (translation of *Mohammed, Sein Leben und Sein Glaube.* Göttingen: Vandenhöck und Ruprecht). New York: Harper.

Arberry, Arthur J. 1955. *The Koran Interpreted.* New York: Macmillan.

Arbib, Michael A. 1969. *Theories of Abstract Automata.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Arrhenius, Svente 1908. *Worlds in the Making.* New York: Harper.

Augenstein, Bruno W., B. E. Bonner, F. E. Mills, and M. M. Nieto 1988. *Antiproton Science and Technology.* Singapore: World Scientific.

Augenstein, Bruno W. 1993. „Antiproton Annihilation's Advantages for Imaging". *Physics Today* **46** (#3, March): 9-10.

Axelrod, Robert 1984. *The Evolution of Cooperation.* New York: Basic Books.

Ayala, Francisco J. 1974. „Introduction". In *Studies in the Philosophy of Biology,* ed. Francisco Ayala and Theodosius Dobzhansky. Berkeley: University of California Press.

Babbage, Charles 1837. *The Ninth Bridgewater Treatise.* London: John Murray.

Baillie, John 1936. *And the Life Everlasting.* New York: Charles Scribners.

—— 1950. *The Belief in Progress.* Oxford: Oxford University Press.

Barlow, Nora 1959. *The Autobiography of Charles Darwin.* New York: Harcourt Brace.

Barnes, Jonathan 1984. *The Complete Works of Aristotle.* Vol. 1. Princeton: Princeton University Press.

Barr, James 1962. *Biblical Words for Time.* Naperville, IL: Allenson.

Barrow, John D. 1982. „Chaotic Behaviour in General Relativity". *Physics Reports* **85:** 1-49.

—— **and Frank J. Tipler** 1986. *The Anthropic Cosmological Principle.* Oxford: Oxford University Press.

Barth, Karl 1933. *The Resurrection of the Dead.* New York: Fleming H. Revell.

—— 1959. *Dogmatics in Outline.* New York: Harper & Row.

Batten, Andrew H. 1973. *Binary and Multiple Systems of Stars.* New York: Pergamon Press.

Baumol, William J. 1986. „On the Possibility of Continuing Expansion of Finite Resources". *Kyklos* **39**: 167-179.

Baumeister, Roy F., and Sarah Wotman 1992. *Breaking Hearts: The Two Sides of Unrequited Love.* New York: Guilford Press.

Becker, Gary S. 1981. *A Treatise on the Family.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bekenstein, Jacob D. 1981. „Energy Cost of Information Transfer". *Physical Review Letters* **46**: 623-626.

Bell, Gordon 1992a. „Ultracomputers: A Teraflop Before Its Time". *Science* **256**: 64.

—— 1992b. „Ultracomputers: A Teraflop Before Its Time". *Communications of the Association for Computing Machinery* **35**: 27-47.

Benardete, Seth 1984. *The Being of the Beautiful: Plato's Theaetetus, Sophist, and Statesman.* Chicago: Chicago University Press.

Benedikt, Michael 1991. *Cyberspace*: *First Steps.* Cambridge, MA: MIT Press.

Berlekamp, Elwyn R., John H. Conway, and Richard K. Guy 1982. *Winning Ways for Your Mathematical Plays.* Vol. 1: *Games in General;* Vol. 2: *Games in Particular.* London: Academic Press.

Bernal, John Desmond 1969. *The World, the Flesh, and the Devil.* Bloomington: Indiana University Press.

Bloch, Ernst 1986. *The Principle of Hope,* Vol. III (translation of *Das Prinzip Hoffnung.* Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 1959). Oxford: Basil Blackwell.

Bloom, Alan 1987. *The Closing of the American Mind.* New York: Simon & Schuster.

Boesiger, Ernst 1980. „Evolutionary Biology in France at the Time of the Modern Synthesis". In *The Evolutionary Synthesis*, ed. Ernst Mayr and William B. Provine, pp. 309-321. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bolaji-Idowu 1963. *Olodumare: God in Yoruba Belief.* New York: Praeger.

Bonner, John Tyler 1988: *The Evolution of Complexity by Means of Natural Selection.* Princeton: Princeton University Press.

Boolos, George S., and Richard S. Jeffery 1974. *Computability and Logic.* Cambridge: Cambridge University Press.

Börner, Gerhard 1992. *The Early Universe: Fact and Fiction.* Berlin: Springer-Verlag.

Boyajian, George, and Tim Lutz 1992. „Evolution of Biological Complexity and Its Relation to Taxonomic Longevity in the Ammonoidea". *Geology* **20**: 983-986.

Braitenberg, Valentino 1991. *Anatomy of the Cortex: Statistics and Geometry (Studies of Brain Function.* Vol. 18). Berlin: Springer-Verlag.

Brown, Francis, S. R. Driver, and Charles A. Briggs 1906. *A Hebrew and English Lexicon of the Old Testament, Based on the Lexicon of William Gesenius.* Boston: Houghton Mifflin.

Brush, Stephen G. 1976. *The Kind of Motion We Call Heat.* Vol. II: Amsterdam: North-Holland.

—— 1973. *The Temperature of History: Phases of Science and Culture in the Nineteenth Century.* New York: Burt Franklin.

—— 1981. „The Scientific Value of High Energy Physics". *Annals of Nuclear Physics* **8**: 133-140.

Burkhart, Henry 1992. „Computing in Science". *Science* **256**: 51.

Burns, Norman T. 1972. *Christian Mortalism from Tyndale to Milton.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Cairns-Smith, A. G. 1982. *Genetic Takeover and the Mineral Origin of Life.* Cambridge. Cambridge University Press.

Caldiera, Ken, and James F. Kasting 1992. „Susceptibility of the Early Earth to Irreversible Glaciation Caused by Carbon Dioxide Clouds". *Nature* **359**: 226-228.

Camus, Albert 1975. *The Myth of Sisyphus and Other Essays* (translation of *Le Mythe de Sisyphe.* Paris: Gallimard 1942). New York: Knopf.

Cassenti, Brice N. 1988. „Energy Transfer in Antiproton Annihilation Rockets". In Augenstein et. al. 1988.

Cassidy, David C. 1992. *Uncertainty: The Life and Times of Werner Heisenberg.* New York: Freeman.

Celsus 1987. *On the True Doctrine: A Discourse Against the Christians.* Oxford: Oxford University Press.

Chadwick, Henry 1986. *The Early Church.* New York: Dorset.

Childs, Brevard S. 1974. *The Book of Exodus: A Critical, Theological Commentary.* Philadelphia: Westminster Press.

Chirstie-Murray, David 1976. *A History of Heresy.* Oxford: Oxford University Press.

Clements, Ronald E. 1972. *The Cambridge Bible Commentary on the New English Bible: Exodus*, Cambridge: Cambridge University Press.

Cliff, Rodger, Robert A. Freitas, Richard Liang, and Georg von Teisenhausen 1980. „Replicating Systems Concepts: Self-Replicating Lunar Factory and Demonstration". In *Advanced Automation for Space Mission, NASA/ASEE Conference in Santa Clara, California* (NASA Publication 2255), pp. 189-335, ed, Robert Freitas and William Gilbreath. Washington: U.S. Government Printing Office.

Coe, Michael D. 1975 „Death and the Ancient Maya". In *Death and the Afterlife in Pre-Columbian America,* ed. Elizabeth P. Benson. Washington: Dumbarton Oaks Research Library.

Cornfeld, Gaalya 1982. *Josephus: The Jewish War.* Grand Rapids: Zondervan.

Cuénot, Claude 1965. *Teilhard de Chardin.* Baltimore: Helicon.

Cullmann, Oscar 1950. *Christ and Time.* Philadelphia: Westminster.

—— 1965. „Immortality of the Soul or Resurrection of the Dead: The Witness of the New Testament." In *Immortality and Resurrection,* ed. Krister Stendahl, pp. 9-53, New York: Macmillan.

Dahl, M. E. 1962. *The Resurrection of the Body.* Naperville, IL: Allenson.

Darwin, Charles 1860. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection.* 2nd ed. London: John Murray.

Dashti, 'Ali 1985. *Twenty-three Years: A Study of the Prophetic Career of Mohammad* (translation of *Bist o Seh Sal,* Beirut 1974). London: Allen & Unwin.

Davidson, Gustav 1967. *A Dictionary of Angels.* New York: The Free Press.

Davisson, Lee D., and Robert M. Gray 1976. *Data Compression: Benchmark Papers in Electrical Engineering and Computer Science #14.* **Stroudsburg:** Dowden, Hutchinson, & Ross.

Dawkins, Richard 1976. *The Selfish Gene.* Oxford: Oxford University Press.

—— 1986. *The Blind Watchmaker,* Oxford: Oxford University Press.

De Santillana, Giorgio 1959. *The Crime of Galileo.* Chicago: University of Chicago Press.

De Santillana, Giorgio and Hertha von Dechend 1969. *Hamlet's Mill: An Essay on Myth and the Frame of Time.* Boston: Gambit.

Dirac, P. A. M. 1961. Untitled. *Nature* **192**: 441.

Dole, Stephan A. 1964. *Habitable Planets for Man.* New York: Blaisdell.

Drake, Frank D. 1972. „On the Abilities and Limitations of Witnesses of UFOs and Similar Phenomena". In *UFO's – A Scientific Debate,* ed. Carl Sagan and Thornton Page. New York: Norton.

Drake, Stillman 1980. *Galileo.* Oxford: Oxford University Press.

Drexler, K. Eric 1986. *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology.* New York: Doubleday.

—— 1992. *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation.* New York: John Wiley.

Dudai, Yadin 1990. *The Neurobiology of Memory: Concepts, Findings, Trends.* Oxford: Oxford University Press.

Duhem, Pierre 1954. *The Aim and Structure of Physical Theory.* (translation of *La Théorie Physique: Son Objet. Sa Structure.* Paris: Marcel Rivière, 1914) Princeton: Princeton University Press.

Dyson, Freeman 1979. „Time Without End: Physics and Biology in an Open Universe". *Reviews of Modern Physics* **51**: 447-460.

—— 1988. *Infinite in All Directions.* New York. Harper & Row.

Earman, John 1986. *A Primer on Determinism.* Dordrecht: Reidel Publishing Company.

Eccles, Sir John C. 1989. *Evolution of the Brain: Creation of the Self.* London: Routledge.

—— 1990. „A Unitary Hypothesis of Mind-Brain Interaction in the Cerebral Cortex". *Proceedings of the Royal Society of London* **B240**: 433-451.

Eddington, Sir Arthur S. 1928. *The Nature of the Physical World: Gifford Lectures 1928.* Cambridge: Cambridge University Press.

Eisenman, Robert H., and Michael Wise 1992. *The Dead Sea Scrolls Uncovered.* Rockport: Element.

Elert, Werner 1962. *The Structure of Lutheranism.* Vol I. St. Louis: Concordia.

Eliade, M. 1954. *The Myth of the Eternal Return.* New York: Pantheon.

Ellis, George F. R. 1988. „Does Inflation Necessarily Imply $\Omega_0 = 1$?" *Classical and Quantum Gravity* **5**: 891-901.

Engels, Frederick 1940. *Dialectics of Nature; Preface and Notes by J. B. S. Haldane.* New York: International Publishers.

Farias, Victor 1989. *Heidegger and Nazism.* Philadelphia: Temple University Press.

Feynman, Richard P. 1964. *The Feynman Lectures on Physics.* New York: Addison-Wesley.

—— 1986. *„Surely You're Joking, Mr. Feynman!"* New York: Bantam Press.

Fisk, Lawrence A., Gregory M. Reck 1993. „Instrument Definition for the Pluto Fast Flyby Mission". *NASA Research Announcement 93-OSSA-5.* Washington: U.S. Government Printing Office.

Fitzmyer, Joseph A., S. J. 1981. *Commentary on Luke* (The Anchor Bible, Vol. 28). Garden City, NY: Doubleday.

Flew, Antony 1964. Ed. *Body, Mind, and Death.* New York: Macmillan.

—— 1984. God, *Freedom and Immortality: A Critical Analysis.* Buffalo: Prometheus.

—— 1987. *The Logic of Mortality.* Oxford: Blackwell.

—— **and Gary Habermas** 1987. *Did Jesus Rise from the Dead? The Resurrection Debate.* San Francisco: Harper & Row.

Flexner, James Thomas 1970. *George Washington and the New Nation.* Boston: Little, Brown.

Force, James E. 1994. „The God of Abraham and Isaac (Newton)". In *Recent Essays on Theology and Biblical Criticism in Spinoza's Holland and Newton's England.* Ed. James E. Force and Richard H. Popkin. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Forward, Robert L. 1982. „Antimatter Propulsion". *Journal of the British Interplanetary Society* **35**: 391-395.

—— 1984. „Roundtrip Interstellar Travel Using Laser-Pushed Lightsails". *Journal of Spacecraft* **21**: 187-93.

—— 1985. „Antiproton Annihilation Propulsion". *Journal of Propulsion* **1**: 370-374.

—— 1986. „Laser Weapon Target Practice With Gee-Whiz Targets. *„Proceedings of the SDIO/DARPA Workshop on Laser Propulsion.* Ed. J.T. Kare. Livermore, CA: Lawrence Livermore National Laboratory Printing Office.

—— 1990. „Grey Solar Sails". *Journal of the Astronautical Sciences* **38**: 161-185.

— **and Joel Davis** 1986. „Ride a Laser to the Stars". *New Scientist* **112** (#1528, 2 October): 31-35.

Franklin, Benjamin 1938. *Benjamin Franklin on Religion.* Ed. Nathan G. Goodman. Philadelphia: Franklin Printing Company.

Frazier, Kendrick 1981. *Paranormal Borderlands of Science,* Buffalo: Prometheus Books.

Fredkin, Edward, and Tommaso Toffoli 1982. „Conservative Logic". *International Journal of Theoretical Physics* **21**: 219-253.

Freedman, Michael H., and Feng Luo 1989. *Selected Applications of Geometry to Low-Dimensional Topology.* Providence: American Mathematical Society.

Freitas, Robert A. 1980. „A Self-Reproducing Robot Probe". *Journal of the British Interplanetary Society* **33**: 251-264.

Friedman, David D. 1986. *Price Theory.* Cincinnati: South-Western Publishing.

Friedman, Louis 1988. *Starsailing: Solar Sails and Interstellar Travel.* New York: Wiley.

Froom, LeRoy Edwin 1965. *The Conditionalist Faith of Our Fathers* 2 vols. Washington: Review and Herald Publishing Company.

Galilei, Galileo 1957 [1615] *Letter to the Grand Duchess Christina,* in *Discoveries and Opinions of Galileo,* translation and commentary by Stillman Drake, pp. 173-216. New York: Doubleday.

Gallup, George Jr. 1982. *Adventures in Immortality.* New York: McGraw-Hill.

—— **and Jim Castelli** 1989. *The People's Religion: American Faith in the 90's.* New York: Macmillan.

—— **and Sarah Jones** 1989. *100 Questions and Answers: Religion in America.* Princeton: Princeton Religion Research Center.

Gandhi, Mohandas Karamchand 1962. *All Religions Are True.* Bombay: Bharatiya Vidya Bhavan.

Gardner, Martin 1959. *The Scientific American Book of Mathematical Puzzles and Diversions.* New York: Simon & Schuster.

Gelernter, David 1991. *Mirror Worlds: On the Day Software Puts the Universe in a Shoebox... How It Will Happen and What It Will Mean.* Oxford: Oxford University Press.

Gell-Mann, Murray, 1992. „[Remarks on Bryce DeWitt's Paper] 'DeCoherence Without Complexity and Without an Arrow of Time'". In *Physical Origins of Time Asymmetry,* ed. J.J. Halliwell, J. Perez-Mercader, and W. H. Zurek. Cambridge: Cambridge University Press.

Geroch, Robert P., and James B. Hartle 1986. „Computability and Physical Theories". *Foundations of Physics* **16**: 533-550. Reprinted in *Between Quantum and Cosmos* (1988), ed. Wojciech H. Zurek, Alwyn van der Merwe, and Warner A. Miller, pp. 549-566. Princeton: Princeton University Press.

Gibbs, J. Willard 1875. „On the Equilibrium of Heterogeneous Substances". *Transactions of the Connecticut Academy,* **3**, 108-248 and 343-524. Reprinted in *The Collected Work of J. Willard Gibbs,* Vol. 1 (1948), pp. 55-371 (page numbers quoted in text are from *Collected Works).* New Haven: Yale University Press.

— 1902. *Elementary Principles in Statistical Mechanics.* Reprinted in *The Collected Work of J. Willard Gibbs,* Vol. 2 (1948), pp. 1-207 (page numbers quoted in text are from *Collected Works).* New Haven: Yale University Press.

Gingerich, Owen 1990. „Show Trial?" *The American Scholar* **59**: 310-314.

Glashow, Sheldon Lee 1992. „The Death of Science!?" In *The End of Science?* ed. Richard Q. Elvee. London: University Press of America.

Goldman, Ari Lionel 1991. *The Search for God at Harvard.* New York: Random House.

Gould, Stephen J. 1977. „History of the Vertebrate Brain". *In Ever Since Darwin,* by Stephen J. Gould. New York: Norton.

—— 1983. „Agassiz in the Galapagos" in *Hen's Teeth and Morse's Toes*, by Stephen J. Gould. New York: Norton.

—— 1988. „On Replacing the Idea of Progress with an Operational Notion of Directionality". In *Evolutionary Progress,* ed. Matthew H. Nitecki, 319-338, Chicago: University of Chicago Press.

Greeley, Andrew M. 1985. *Unsecular Man: The Persistence of Religion. New York:* Schocken Books.

— 1989. *Religious Change in America.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Griffith, Ralph T. H. 1889. *The Hymns of the Rgveda.* Translated; new rev. ed. by J. L. Shastri 1973, Delhi: Motilal Banarsidass.

Haarer, D. 1992. „Molecular Computer Memory". *Nature* **355**: 297-298.

Halzen, Francis, and Alan D. Martin 1984. *Quarks and Leptons.* New York: Wiley.

Hamilton, Clarence H. 1967. „Buddhism". Encyclopaedia Britannica, Vol. 4. Chicago: Encyclopaedia Britannica Publishing Company.

Harris, Karsten. 1978. „Heidegger as a Political Thinker". In *Heidegger and Modern Philosophy,* ed. Michael Murray, pp. 304-328. New Haven: Yale University Press.

Hartle, James B. 1991. „Excess Baggage". In *Elementary Particles and the Universe: Essays in Honor of Murray Gell-Mann,* ed. John Schwarz, pp. l-16. Cambridge: Cambridge University Press.

Hawking, Stephen W. 1988. *A Brief History of Time.* London: Bantam Press.

—— **and George F. R. Ellis** 1973. *The Large Scale Structure of Space-Time.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hayek, Friedrich 1941. *The Pure Theory of Capital.* Chicago: Chicago University Press.

—— 1972. *Individualism and Economic Order.* Chicago: Henry Regnery.

Heath, Sir Thomas L. 1913. *Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus.* Oxford: Oxford University Press.

Heidegger, Martin 1966. „'Only a God Can Save Us': The *Spiegel* Interview". In *Heidegger: The Man and the Thinker,* ed. Thomas Sheehan, pp. 45-67. Chicago: Precedent Publishing.

—— 1991. *Nietzsche.* Vol. I, *The Will to Power as Art,* and Vol. II, *The Eternal Recurrence of the Same.* Translated by David F. Krell (German original *Nietzsche* [Pfullingen: Verlag Günther Neske, 1961]). San Francisco: HarperSanFrancisco.

Held, Gilbert, and Thomas R. Marshall 1991. *Data Compression: Techniques and Applications,* New York: Wiley.

Helmholtz, Hermann von 1961. „On the Interaction of the Natural Forces". Reprinted in *Popular Scientific Lectures.* Ed. Martin Kline. New York: Dover.

Herman, P. M. 1972. „The *Unseen Universe:* Physics and the Philosophy of Nature in Victorian Britain". *British Journal of the History of Science* **6**: 73-79.

Hertz, Joseph Herman 1961. *The Pentateuch and Haftorahs.* London: Soncino Press.

Hick, John 1978. *Evil and the God of Love.* Rev. ed. New York: Harper & Row.

Himmelfarb, Gertrude 1980. „In Defense of Progress". *Commentary* (June): 53-60.

Hofstadter, Douglas R., and Daniel C. Dennett, ed. 1981. *The Mind's I.* New York: Basic Books.

Holten, Gerald 1992. „How to Think About the End of Science". In *The End of Science? – Attack and Defense.* Ed. Richard Q. Elvee. London: University Press of America.

Hultkrantz, Åke 1979. *The Religions of the American Indians.* (Translation of *De Amerikanska indanernas Religioner.*) Berkeley: University of California Press.

Hume, David 1965. *Essential Works of David Hume.* New York: Bantam Books.

—— 1977. *Dialogues Concerning Natural Religion.* Ed. Norman Kemp Smith. Indianapolis Bobbs-Merrill.

Islam, Jamal N. 1977. „Possible Ultimate Fate of the Universe". *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* **18**: 3-17.

—— 1979. „The Ultimate Fate of the Universe". *Sky & Telescope* **57**: 13-18.

—— 1983. *The Ultimate Fate of the Universe.* Cambridge: Cambridge University Press.

Jaki, Stanley 1974. *Science and Creation.* Edinburgh: Scottish University Press.

—— 1986. *Lord Gifford and His Lectures: A Centenary Retrospect.* Edinburgh: Scottish Academic Press.

James, Wlliam 1948. „The Dilemma of Determinism". In *Essays in Pragmatism,* by William James, pp. 37-64 New York: Harper & Row.

Jeans, Sir James 1929. *The Universe Around Us.* Cambridge: Cambridge University Press.

Jefferson, Thomas 1983. *Jefferson's Extracts from the Gospels (The Papers of Thomas Jefferson.* 2nd series Ed. Dickinson W. Adams, Ruth W. Lester, and Eugene R. Sheridan, Princeton: Princeton University Press.

Jerison, Harry J. 1973. *Evolution of the Brain and Intelligence.* New York: Academic Press.

Jonas, Hans 1963. *The Gnostic Religion: The Message of the Alien God and the Beginnings of Christianity.* 2nd ed., rev. Boston: Beacon Press.

Julian of Norwich, Mother 1961. *The Revelations of Divine Love of Julian of Norwich.* Translated by James Walsh. London: Burns and Oates.

Kant, Immanuel 1950. *Immanuel Kant's Critique Pure Reason.* Translated by Norman Kemp Smith. New York: The Humanities Press.

Kaplan, Rabbi Aryeh 1991. *The Living Torah: Exodus.* Jerusalem: Moznaim Publishing.

Kaufmann, Walther A. 1950. *Nietzsche: Philosopher, Psychologist, Antichrist.* Princeton: Princeton University Press.

Kenny, Anthony J. P. 1969. *The Five Ways: St. Thomas Aquinas' Proof of God's Existence.* New York: Schocken Books.

——, **H. C. Longuet-Higgins, J. R. Lucas, and C. H. Waddington** 1972. *The Nature of the Mind: Gifford Lectures 1971-1973.* Edinburgh: Edinburgh University Press.

Khosla, Rajinder P. 1992. „From Photons to Bits". *Physics Today* **45** (#12, December): 42-49.

Klass, Philip J. 1974. *UFOs Explained.* New York: Random House.

—— 1983. *UFOs – The Public Deceived.* Buffalo: Prometheus, 1983.

Koestler, Arthur 1963. *The Sleepwalkers.* New York: Grosset & Dunlap.

Krugman, Paul 1990. *Rethinking International Trade.* Cambridge, MA: MIT Press.

Kubrin, David 1967. „Newton and the Cyclical Cosmos: Providence and the Mechanical Philosophy". *Journal of the History of Ideas* **28**: 325-346.

Kuhn, Thomas S. 1957. *The Copernican Revolution.* Cambridge: Harvard University Press.

—— 1970a. *The Structure of Scientific Revolution.* Chicago: University of Chicago Press.

—— 1970b. „Reflections on My Critics". In *Criticism and the Growth of Knowledge.* Ed. Imre Lakatos and Alan Musgrave. Cambridge: Cambridge University Press.

Küng, Hans 1980. *Does God Exist?* (Translation of *Existiert Gott?* [München: R. Piper, 1978]). New York: Doubleday.

—— 1985. *Eternal Life?* New York: Doubleday.

Lactantius, Lucius 1886. *A Treatise on the Anger of God.* In: *The Ante-Nicene Fathers.* Ed. Alexander Roberts and James Donaldson. Buffalo: The Chiristian Literature Society.

Langton, Chirstopher G. 1988. „Artificial Life". In *Artificial Life.* Ed. Christopher G. Langton. New York: Addison-Wesley.

—— 1990. „Life at the Edge of Chaos". In *Artificial Life II.* Ed. Christopher G. Langton, Charles Taylor, J. Doyne Farmer, and Steen Rasmussen. New York: Addison-Wesley.

Lasker, Jean 1989. „A Numerical Experiment on the Chaotic Behaviour of the Solar System". *Nature* **338**: 237-238.

Lawson, H. Blaine 1974. „Foliations". *Bulletin of the American Mathematical Society* **80**: 369-418.

Leuba, James H. 1916. *The Belief in God and Immortality.* Boston: Sherman, French, & Co.

Levy, Oscar 1910. Ed., *The Complete Works of Friedrich Nietzsche.* Edinburgh: Foulis.

Libet, B., A. G. Curtis, E. W. Wright, and D. K. Pearl 1983. „Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of

Cerebral Activity (Readiness Potential). The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act". *Brain*, **106**: 640.

Lilla, Mark 1990. „What Heidegger Wrought". *Commentary* **89** (#1 January) 41-51.

Limoges, Camille 1980. „A Second Glance at Evolutionary Biology in France". In *The Evolutionary Synthesis*, ed. Ernst Mayr and Williams B. Provine, pp. 322-327. Cambridge: Cambridge University Press.

Linde, Andrei D. 1988. „Life After Inflation". *Physics Letters* **211B**: 29-31.

Llewellyn Smith, C. H. 1993. „The Particle Connection". *Nature* **361**: 697.

Loftus, Elizabeth F. 1979. *Eyewitness Testimony.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lovejoy, Arthur O. 1936. *The Great Chain of Being.* Cambridge: Harvard University Press.

Lukas, Mary, and Ellen Lukas 1981. *Teilhard.* New York: McGraw-Hill.

Luther, Martin 1967. *Luther's Works.* Vol. 54, *Table Talk.* Ed. Theodore G. Tappert. Philadelphia: Fortress Press.

Machtey, Michael, and Paul Young 1978. *An Introduction to the General Theory of Algorithms.* New York: North Holland.

—— 1981. „Remarks on Recusion versus Diagonalization and Exponentially Difficult Problems". *Journal of Computer and System Sciences* **22**: 442-453.

Macquarrie, John 1986. „The Keystone of Christian Faith". In *If Christ Be Not Risen,* ed. John Greenhalgh and Elizabeth Russell, pp. 9-24, San Francisco: Collins.

Maimonides, Moses 1956. *Guide for the Perplexed.* Translated by M. Friedländer, New York: Dover.

Mann, Christopher Stephen 1986. *Commentary on Mark* (The Anchor Bible, Vol. 27). Garden City, New York: Doubleday.

Margolus, Norman 1984. „Physics-Like Models of Computation". *Physica* **10D**: 81-95.

Maritain, Jacques 1962. *An Introduction to Philosophy.* New York: Sheed and Ward.

Martin, Bernard 1968. *Prayer in Judaism.* New York: Basic Books.

Martin, Michael 1990. *Atheism: A Philosophical Justification.* Philadelphia: Temple University Press.

Masutani, Fumio 1967. „Amitabha". *Encyclopaedia Britannica,* Vol. 1. Chicago: Encyclopaedia Britannica Publishing Company.

Maughan, Ron 1992. „Success on a Plate". *New Scientist* **135** (#1831, 25 July): 36-40.

Maxwell, James Clerk 1878. „Diffusion". *Encyclopaedia Britannica,* Vol. 7. Reprinted in *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell,* Vol. 2 (1890), pp. 624-646 (page numbers in text are from *The Scientific Papers).*

Maynard Smith, John 1992. „Taking a Chance on Evolution". *New York Review of Books* **34** (#9, 14 May), 34-36.

Mayr, Ernst 1980. „Prologue: some Thoughts on the History of the Evolutionary Synthesis". In *The Evolutionary Synthesis,* ed. Ernst Mayr and William B. Provine, pp. 1-48. Cambridge: Harvard University Press.

—— 1985. „The Probability of Extraterrestrial Intelligent Life". In *Extraterrestrials: Science and Alien Inielligence.* Ed. Edward Regis. Cambridge: Cambridge University Press.

—— 1988. „The Limits of Reductionism". *Nature* **331**: 475.

Mbiti, John S. 1970. *Concepts of God in Africa.* New York: Praeger.

McBrien, Richard P. 1980. *Catholicism.* Minneapolis: Winston Press.

McCarthy, John 1990. „Review of *The Emperor's New Mind".* *Bulletin of the American Mathematical Society* **23**: 606-616.

McDannell, Colleen, and Bernhard Lang 1988. *Heaven: A History.* New Haven: Yale University Press.

McMullin, Ernin 1989. „Review of *Galileo: Heretic*". *Physics Today* **42**: 76-78 (January).

McNeill, William H. 1976. *Plagues and Peoples.* Garden City: Doubleday.

Medawar, Peter B. 1961. „Critical Review of *The Phenomenon of Man*". *Mind* **70**: 99-106.

Mills, Frank E. 1988. „Scaleup of Antiproton Production to One Milligram per Year". In Augenstein *et. al.* 1988.

Milne, Edward A. 1952. *Modern Cosmology and the Christian Idea of God.* Oxford: Oxford University Press.

Minsky, Marvin L. 1967. *Computation: Finite and Infinite Machines.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Misner, Charles W., Kip S. Thorne, and John Archibald Wheeler 1973. *Gravitation.* San Francisco: W.H. Freeman.

Monk, J. Donald 1976. *Mathematical Logic,* Heidelberg: Springer-Verlag.

Monod, Jacques 1971. *Chance and Necessity.* New York: Alfred Knopf.

Moravec, Hans 1988. *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence.* Cambridge: Harvard University Press.

Mori, Masahiro 1974. *The Buddha in the Robot: A Robot Engineer's Thoughts on Science and Religion.* Tokyo: Kosei.

Morrison, Philip 1972. „The Nature of Scientific Evidence: A Summary" in *UFO's – A Scientific Debate.* Ed. Carl Sagan and Thornton Page, NewYork: Norton.

Mortier, Jeanne, and Marie-Louise Aboux 1966. *Teilhard de Chardin Album.* New York: Harper & Row.

Muggeridge, Anne Roche 1990. *The Desolate City: Revolution in the Catholic Church.* San Francisco: Harper & Row.

Munck, Johannes 1967. *Commentary on The Acts of the Apostles* (The Anchor Bible, Vol. 31). Garden City, New York: Doubleday.

Murray, John 1815. „On the Diffusion of Heat on the Surface of the Earth". *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* **7**: 411-434.

Needham, Joseph 1956. *Science and Civilzation in China.* Vol. II Cambridge: Cambridge University Press.

—— 1960. *Science and Civilization in China.* Vol. III. Cambridge: Cambridge University Press.

—— 1965. „Time and Eastern Man". *Royal Anthropological Institute Occasional Papers,* #21.

Neuhaus, Richard John 1986. *Unsecular America.* Grand Rapids: Eerdmans.

Newton, Isaac 1680(?). „Paradoxical Questions Concerning Ye Morals & Actions of Athanasius and His Followers". UCLA Clark Library copy of the manuscript (not in the Keynes copy).

Nezikin, Seder 1935. *The Babylonian Talmud, Sanhedrin II.* Vol. 28. Translated by I. Epstein. London: Soncino Press.

Nickelsburg, George W.E. 1972. *Resurrection, Immortality, and Eternal Life in InterTestamental Judaism,* Cambridge: Harvard University Press.

Nisbet, Robert 1980. *History of the Idea of Progress.* New York: Basic Books.

Nowak, Martin A., and Karl Sigmund 1992. „Tit for Tat in Heterogeneous Population". *Nature* **355**: 250-253.

Nozick, Robert 1989. *The Examined Life.* New York: Simon & Schuster.

Olan, Levi A. 1971. *Judaism and Immortality.* New York: Union of American Hebrew Congregations.

O'Neill, Gerard K. 1977. *The High Frontier.* New York: Morrow.

Pagels, Elaine 1979. *The Gnostic Gospels.* New York: Random House.

Paine, Thomas 1795. *The Age of Reason; Being an Investigation of True and Fabulous Theology.* London: Daniel Isaac Eaton, Printer and Bookseller to the Supreme Majesty of the People.

Pannenberg, Wolfhart 1968. *Jesus – God and Man.* Philadelphia: Westminter Press.

—— 1969. *Theology and the Kingdom of God.* Philadelphia: Westminster Press.

—— 1970. *What is Man?* Philadelphia: Fortress Press.

—— 1971. „The God of Hope". In *Basic Questions in Theology: Collected Essays,* Vol. II, by Wolfhart Pannenberg, pp. 234-249. Philadelphia: Fortress Press.

—— 1972. *The Apostles' Creed in the Light of Today's Questions.* Philadelphia: Westminster.

—— 1977. „The Spirit of Life". In *Faith and Reality,* by Wolfhart Pannenberg, pp. 20-38. Philadelphia: Westminster Press.

—— 1981. „Theological Questions to Scientists". *Zygon:* **16**: 65-77.

—— 1984. „Constructive and Critical Functions of Christians Eschatology". *Harvard Theological Review* **77**: 119-139.

—— 1989. „Theological Appropriation of Scientific Understandings: Response to Hefner, Wicken, Eaves, and Tipler. *Zygon:* **24**: 255-271.

Papagiannis, Michael D. 1985. *The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments.* Boston: Reidel.

Parrinder, Geoffrey 1969. *Religion in Africa.* New York: Praeger.

Peebles, P. James E. 1971. *Physical Cosmology.* Princeton: Princeton University Press.

Pelikan, Jaroslav 1961. *The Shape of Death: Life, Death, and Immortality in the Early Fathers.* New York: Abingdon Press.

—— 1971. *The Christian Tradition.* Vol. 1: *The Emergence of the Catholic Tradition.* Chicago: University of Chicago Press.

—— 1988. *The Melody of Theology.* Cambridge: Harvard University Press.

Penrose, Roger 1988. „Difficulties with Inflationary Cosmology". *Annals of the New York Academy of Science* **571**: 249-264.

—— 1989. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics.* Oxford: Oxford University Press.

Pipes, Daniel 1990. *The Rushdie Affair.* New York: Birch Lane Press.

Polkinghorne, John 1986. *One World.* Princeton: Princeton University Press.

—— 1989. *Rochester Roundabout: The Story of High Energy Physics.* New York: Freeman.

Press, Frank 1984. *Science and Creationism: A View from the National Academy of Sciences.* Washington: National Academy Press.

Price, Derek J. de Solla 1961. *Science Since Babylon.* New Haven: Yale University Press.

—— 1963. *Little Science, Big Science.* New York: Columbia University Press.

Provine, William B. 1987. „Review of *Trial and Error* by E. J. Larson". *Academe* **73** (#1) 50-52.

—— 1988. „Progress in Evolution and Meaning in Life". In *Evolutionary Progress,* by Matthew H. Nitecki, pp. 49-74. Chicago: University of Chicago Press.

Rahner, Karl, and Herbert Vorgrimler 1983. Concise Theological Dictionary. 2nd ed. London: Burns & Oates.

Rahula, Walpola 1959. *What the Buddha Taught.* New York: Grove Press.

Rankine, William J.M. 1852. „On the Reconstruction of the Mechanical Energy of the Universe". *Philosophical Magazine,* series 4, **4**: 358-360.

Raup, David M. 1991. *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?* New York: Norton.

—— and James W. Valentine 1983. „Multiple Origins of Life". *Proceedings of the National Academy of Sciences* **80**: 2981-2984.

Redondi, Pietro 1987. *Galileo: Heretic.* Princeton: Princeton University Press.

Rees, Martin J. 1969. „The End of a Closed Universe". *Observatory* **89**:193-198.

Reif, Frederic 1965. *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics.* New York: McGraw-Hill.

Rheingold, Howard 1991. *Virtual Reality.* New York: Summit Books.

Robinson, John A. T. 1952. *The Body.* Philadelphia: Westminster.

—— 1963, *Honest to God.* Philadelphia: Westminster.

—— 1968. *In the End God.* New York: Harper & Row.

Root-Bernstein, Robert Scot 1989. *Discovering.* Cambridge: Harvard University Press.

Rosen, Edward 1939. *Three Copernican Treatises: The* Commentariolus *of Copernicus, The* Letter Against Werner, *The* Narratio Prima *of Rheticus.* New York: Columbia University Press.

—— 1975. „Kepler and the Lutheran Attitude Towards Copernicanism in the Context of The Struggle Between Science and Religion". *Vistas in Astronomy* **18**: 317-355.

—— 1984. *Copernicus and the Scientific Revolution.* Malabar (Florida): Krieger.

Rosenbaum, Morris, and A. M. Silbermann 1972. *Pentateuch with Targum Onkelos, Haphtaroth and Rashi's Commentary.* Vol. II, *Exodus*, Jerusalem: Sibermann.

Rosner, Fred 1982. *Moses Maimonides' Treatise on Resurrection,* New York: KTAV Publishing.

Rumelhart, D. E., and A. Ortony 1976. „The Representation of Knowledge in Memory". In *Schooling and the Acquisition of*

Knowledge. Ed. R. C. Anderson, R. J. Spiro, and W. E. Montague. Hillsdale: Erlbaum Press.

Russell, Bertrand 1931. *Principles of Mathematics.* New York: Norton.

—— 1957. *Why I Am Not a Christian.* New York: Simon & Schuster.

Russell, Robert John 1988. „Contingency in Physics and Cosmology: A Critique of the Theology of Wolfhart Pannenberg". *Zygon:* **23**: 23-43.

Sagan, Carl, and William I. Newman 1983. „The Solipsist Approach to Extraterrestrial Intelligence." *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* **24**: 113-121.

Sandage, Allan, Abhijit Saha, Gustav A. Tammann, Nino Panagia, and Duccio Macchetto 1992. „The Cepheid Distance to IC 4182; Calibration of My(Max) for SN Ia 1937c and the Value of H_0". *Astrophysical Journal Letters* **401**: L7-L10.

Sartre, Jean-Paul 1977. *Existentialism and Humanism* (translation of *L'existentialisme est un humanisme* [Paris: Nagel, 1947]. Brooklyn: Haskell House.

Sato, Akinobu, and Yuji Tsukamoto 1993. „Nanometre-Scale Recording and Erasing With the Scanning Tunnelling Microscope". *Nature* **363**: 431-432.

Schep, J. A. 1964, *The Nature of the Resurrection Body.* Grand Rapids: Eerdmans.

Schiffer, Marcelo, and Jacob D. Bekenstein 1989. „Proof of the Quantum Bound on the Specific Entropy for Free Fields". *Physical Review* **D39**: 1109-1115.

—— and **Jacob D. Bekensteinn** 1990. „Do Zero-Frequency Models Contribute to the Entropy?" *Physical Review.* **D42**: 3598-3599.

Schillebeeckx, Edward 1987. *Jesus: An Experiment in Christology.* New York: Crossroad.

Schmidt, Brian, Robert Kirshner, and Ronald Eastman 1992. „Expanding Photospheres of Type II Supernovae and the Extragalactic Distance Scale". *Astrophysical Journal* **395**: 366-386.

Schodt, Frederik L. 1988. *Inside the Robot Kingdom: Japan, Mechatronics, and the Coming Robotopia.* Tokyo: Kodansha.

Schwartz, Jacob T. 1990. „The New Connectionism: Developing Relationships Between Neuroscience and Artificial Intelligence". In *The Artificial Intelligence Debate.* Ed. Stephen R. Graubard. Cambridge: MIT Press.

Searle, John 1980. „Minds, Brains, and Programs". *Journal of Behaviour and Brain Science* **3**: 417-457. Reprinted in *The Mind's I.* Ed. D.R. Hofstadter and D.C. Dennett (New York: Basic Books, 1981).

—— 1984. *Minds, Brains, and Science.* London: BBC Press.

Sheehan, Thomas 1984. „Revolution in the Church". *New York Review of Books* (June 14) 35-39.

Shiryayev, Albert Nikolaevich 1984. *Probability.* New York: Springer-Verlag.

Simon, Julian L. 1981. *The Ultimate Resource.* Princeton University Press.

Sivin, Nathan 1966. „Chinese Conception of Time". *Earlham Review* **1**: 82-92.

—— 1969. *Cosmos and Computation in Early Chinese Mathematical Astronomy.* Leiden: Brill.

Smith, Jane L., and Yvonne Y. Haddad 1981. *The Islamic Understanding of Death and Resurrection.* Albany: State University of New York Press.

Sorabji, Richard 1972. *Aristotle on Memory.* Providence: Brown University Press.

Sorokin, P. A. 1937. *Social and Cultural Dynamics.* Vol. 2. New York: American Book Company.

Spencer, Herbert 1902. *First Principles.* 4th ed. New York: American Home Library.

Squire, Larry R. 1987 *Memory and Brain.* Oxford: Oxford University Press.

Stambaugh, Joan 1972. *Nietzsche's Thought of Eternal Return.* Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Stcherbatsky, Theodosius 1978. *The Conception of Buddhist Nirvana.* Delhi: Motilal Banarsidass.

Stewart, Balfour, and Peter Guthrie Tait 1875. *The Unseen Universe: or Physical Speculations on a Future State.* New York, Macmillan.

Storer, James A. 1988. *Data Compression: Methods and Theory.* Rockville: Computer Science Press

Stuhlinger, Edward 1964. *Ion Propulsion for Space Flight.* New York: McGraw Hill.

Taha, Mahmoud Mohamed 1987. *The Second Message of Islam.* (Translation of *ArRisala ath Thaniya min al-Islam,* 5th ed. 1980.) Syracuse: Syracuse University Press.

Teilhard de Chardin, Pierre 1975. *The Phenomenon of Man.* New York: Harper & Row.

Thompson, Silvanus Phillips 1910. *The Life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs.* London: Macmillan.

Thorndike, Lynn 1947. *A History of Magic and Experimental Science During the First 13 Centuries of Our Era.* Vol. II. New York: Columbia University Press.

Thurston, William P. 1976. „Existence of Codimension-One Foliations". *Annals of Mathematics* **104**: 249-268.

Tillich, Paul 1948. *The Protestant Era.* Chicago: University of Chicago Press.

—— 1957. *Systematic Theology.* Vol. II. Chicago: University of Chicago Press.

Tipler, Frank J. 1979. „General Relativity, Thermodynamics, and the Poincaré Cycle". *Nature* **280**: 203-205.

—— 1980. „General Relativity and the Eternal Return". In *Essays in General Relativity,* by Frank J. Tipler, pp. 21-37. New York: Academic Press.

—— 1981. „Extraterrestrial Intelligent Beings Do Not Exist". *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* **21**: 267-282.

—— 1986. „Cosmological Limits on Computation". *International Journal of Theoretical Physics* **25**: 617-661.

—— 1988. „The Omega Point Theory: A Model of an Evolving God". In *Physics, Philosophy, and Theology: A Common Quest for Understanding,* ed. Robert Russel, William Stoeger, and George Coyne, pp. 313-331. Notre Dame: University of Notre Dame Press.

—— 1989(a). „The Omega Point as *Eschaton:* Answer to Pannenberg's Questions for Scientists". *Zygon* **24**: 217-253.

—— 1989(b). „Is It All in the Mind? Review of Penrose's *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics.* In *Physics World 2* (#11, November): 45-47.

—— 1992. „The Ultimate Fate of Life in Universes Which Undergo Inflation". *Physics Letters* **B286**: 36-43.

Tompkins, Ptolemy 1990. *This Tree Grows Out of Hell.* San Francisco: Harper.

Toulmin, Stephen and June Goodfield 1965. *The Discovery of Time.* New York: Harper & Row.

Trigg, Joseph W. 1983. *Origen.* Atlanta: John Knox Press.

Tuchman, Barbara 1962. *The Guns of August.* New York: Dell Books.

Tug, Salih 1987. „Death and Immortality in Islamic Thought". In *Death and Immortality in the Religions of the World.* Ed. Paul and Linda Badham, pp. 86-92. New York: Paragon.

Turing, Alan M. 1950. „Computing Machinery and Intelligence". *Mind* **59**: 433-462.

Tyndall, John 1874. *Address Delivered Before the British Association Assembled at Belfast.* London: Longmans.

—— 1897. „The Belfast Address". In *Fragments of Science.* Vol. II. New York: Appleton.

Unamuno, Miguel de 1954. *The Tragic Sense of Life.* New York: Dover.

Updike, John 1976. *A Month of Sundays.* New York: Fawcett Crest.

—— 1989. *Self-Consciousness.* New York: Ballantine.

Vallery-Radot, Rene 1923. *The Life of Pasteur.* Garden City, NY: Garden City Publishing.

Van Doren, Charles 1967. *The Idea of Progress.* New York: Praeger.

van Gulik, Robert 1976. *Celebrated Cases of Judge Dee.* New York: Dover.

van Neumann, John 1966. *Theory of Self-Reproducing Automata.* Ed. and completed by A.W. Burks. Urbana: University of Illinois Press.

—— and **Oskar Morgenstern** 1953. *Theory of Games and Economic Behavior.* Princeton: Princeton University Press.

Wald, Abraham 1950. *Statistical Decision Functions.* New York: Wiley.

Walters, Kerry S. 1992. *The American Deists. Voices of Reason and Dissent in the Early Republic.* Lawrence: University of Kansas Press.

Wang, Jianhua 1988. *Theory of Games.* Oxford: Oxford University Press.

Watt, W. Montgomery 1960. *Muhammad at Mecca.* Oxford: Clarendon Press.

Weinberg, Steven 1977. *The First Three Minutes.* New York: Basic Books.

—— 1987. „Newtonianism, Reductionism, and the Art of Congressional Testimony". *Nature* **330**: 433-437; **331**: 475-476.

—— 1992. *Dreams of a Final Theory.* New York: Pantheon Books.

Westfall, Richard 1989. „The Case of Galileo". *Science* **237**: 1059-1060.

White, Andrew D. 1896. *A History of the Warfare of Science With Theology in Christendom.* New York: Appleton.

Wiggins, David 1980. *Sameness and Substance.* Cambridge: Harvard University Press.

Wilbert, Johannes 1975. „Eschatology in a Participatory Universe". In *Death and the Afterlife in Pre-Columbian America.* Ed. Elizabeth P. Benson. Washington: Dumbarton Oaks Research Library.

Williams, Christopher J. F. 1981. *What Is Existence?* Oxford: Oxford University Press.

Wolfe, John H. 1985. „On the Question of Interstellar Travel". In Papagiannis 1985.

Wolfram, Stephan 1984. „Universality and Complexity in Cellular Automata". *Physica* **10D**: 1-35.

Wolfson, Harry 1948. *Philo.* Vol. I. Cambridge: Harvard University Press.

—— 1965. „Immortality and Resurrection in the Philosophy of the Church Fathers". In *Immortality and Resurrection,* ed. Krister Stendahl, pp. 54-96, New York: Macmillan.

Wootters, William K., and Wojciek H. Zurek 1982. „A Single Quantum Cannot Be Cloned". *Nature* **299**: 802-803.

Yoke, Ho Peng 1985. *Li, Qi, and Shu: An Introduction to Science and Civilization in China.* Hong Kong: Hong Kong University Press.

Young, John Zackery 1951. *Doubt and Certainty in Science.* Oxford: Oxford University Press.

—— 1988, *Philosophy and the Brain.* Oxford: Oxford University Press.

Zuckerman, Harriet 1977. *The Scientific Elite: Nobel Laureates in the United States.* New York: The Free Press.

anexă dedicată oamenilor de ştiinţă

A. Introducere

Întrucât am încercat să evit pe parcursul lucrării detaliile tehnice şi întrucât adevărata ştiinţă impune detaliul tehnic (ca şi ecuaţiile!) am adăugat această *Anexă dedicată oamenilor de ştiinţă* în care mă ocup de aceste amănunte tehnice dezordonate. Cititorul neavizat este sfătuit să evite această parte a cărţii, dar cititorul serios este sfătuit să facă efortul de a îşi însuşi această Anexă. Şi fiindcă ştiinţa reprezintă o ierarhizare a informaţiei, cele mai moderne idei fiind edificate pe idei elementare, nu pot spera să includ aici tot materialul de bază necesar nespecialistului pentru a înţelege aceste capitole.

Din păcate, chiar şi pentru specialişti, informaţia strict ştiinţifică din această *Anexă dedicată oamenilor de ştiinţă* este în foarte mare măsura interdisciplinară. Ca să fii în stare să o înţelegi fără să faci apel la o bibliotecă de referinţe bibliografice ţi-ar trebui câte un doctorat în cel puţin trei domenii separate: (1) relativitatea generaliztă globală, (2) fizica teoretică a particulelor elementare şi (3) teoria complexităţii calculului. Eu însumi mi-am luat doctoratul în (1) şi pot înţelege (2) şi (3) fără să-mi fi luat respectivele doctorate numai pentru că mi-am petrecut ultimii 15 ani învăţându-le de unul singur. Eu am reuşit, deci şi voi puteţi reuşi.

Iar eu vă pot face abordarea acestor două domenii mai uşoară decât a mea oferindu-vă ca îndrumare – cărţi de dificultate crescândă.

Pentru **relativitatea generalizată globală**, aveţi nevoie în primul rând de teoria relativităţii restrânse şi, din punctele de vedere ale profesionistului în ale relativităţii, cea mai bună introducere este

> *Spacetime Physics* de Edwin F. Taylor şi John A. Wheeler (San Francisco, Freeman, 1963).

Cea mai buna introducere în relativitatea generalizată o constituie primele 14 capitole din

> *Gravitation* de Charles W. Misner, Kip S. Thorne şi John A. Wheeler (San Francisco, Freeman 1973).

Capitolul 34 al acestei cărţi constituie o trecere în revistă a metodelor globale, dar cea mai bună introducere este

> „Techniques of Diferential Topology" în *Relativity* de Roger Penrose (Philadelphia: SIAM 1972).

Odată ce v-aţi însuşit bazele veţi trece la lucrarea definitorie pentru relativitatea generalizată globală:

> *The Large Scale Structure of Space-Time* de Stephen W. Hawking şi G. F. R Ellis (Cambridge: Cambridge University Press, 1973).

O versiune mai actualizată a lucrării lui Hawking şi Ellis este

> *Global General Relativity* de Frank J. Tipler (Oxford: Oxford University Press, în curs de apariţie).

În ceea ce priveşte **fizica teoretică a particulelor elementare**, vă recomand să începeţi cu o trecere în revistă a modelului standard, în

> *Modern Elementary Particle Physics* de Gordon Kane (Reading, MA: Addison-Wesley, 1987).

Cartea lui Kane „se citeşte ca un roman" de către oricine a studiat fizica la liceu. Va trebui să continuaţi cu o introducere ceva mai matematizată în Modelul Standard şi cred că cea mai bună carte în acest sens este

Introduction in Elementary Particles de David Griffiths (New York: Harper & Row, 1987).

Cea mai bună şi mai cuprinzătoare descriere a Modelului Standard este

Gauge Theory of Elementary Particle Physics de Ta-Pei Cheng şi Ling-Fong Li (Oxford: Oxford University Press, 1984).

În ceea ce priveşte **teoria complexităţii calculului**, ar trebui să începeţi cu

Computation: Finite and Infinite Machines, de Marvin L. Minsky (Euglewood Cliffs: Prentice-Hall, 1967)

sau cu capitolul 2 din

The Emperor's New Mind de Roger Penrose (Oxford: Oxford University Press, 1989)

împreună cu capitolul 8 din

A Primer on Determinism, de John Earman (Dordrecht: Reidel, 1986).

În ciuda titlului, următoarea lucrare constituie o trecere în revistă detaliată a teoriei complexităţii:

An Introduction to the General Theory of Algorithms, de Michael Machtey şi Paul Young (New York: North Holland, 1978).

Voi mai da câteva referinţe bibliografice la începutul unora dintre capitolele următoare.

Succes!

B. Dimensiunile relative ale istoriei viitorului şi istoriei trecutului

Modelul standard al cosmologiei are la bază ipoteza că, la scară mare, universul este omogen şi izotrop. Variaţia de temperatură $\Delta T/T$ a radiaţiei cosmice de fond este o măsură directă a omogenităţii şi izotropiei sale (dacă universul este perfect omogen şi izotrop, atunci $\Delta T = 0$) şi observaţiile realizate cu satelitul COBE (Smoot şi alţii, 1992) arată că $\Delta T/T \approx 5 \cdot 10^{-6}$. Astfel că ipoteza omogenităţii şi izotropiei constituie o foarte bună aproximaţie. *Universul Friedmann* (numit uneori şi univers Friedmann-Robertson-Walker sau FRW) este unicul spaţiu-timp cu un grup cu şase parametri care, împreună, definesc hipersuprafeţe de tip spaţial de omogenitate şi izotropie. Întregul univers Friedmann poate fi acoperit complet (cu excepţia originii dublu-sferice şi a singularităţilor antipodale) de metrica

$$ds^2 = -N^2(t)dt^2 + R^2(t)\left[d\chi^2 + \sum^2(\chi)\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2\right)\right] \quad \text{(B.1a)}$$

unde

$$\sum(\chi) = \begin{cases} \sin\chi, & \text{dacă } k = 1 \\ \chi, & \text{dacă } k = 0 \\ \sinh\chi, & \text{dacă } k = -1 \end{cases} \quad \text{(B.1b)}$$

În toate cele trei cazuri, domeniul de variaţie al coordonatelor (θ,ϕ) este $0 \le \theta \le \pi$, $0 \le \phi \le 2\pi$; (θ,ϕ) sunt coordonatele obişnuite care descriu o sferă.

Domeniul de variaţie al coordonatei „radiale" χ depinde de topologia globală a hipersuprafeţelor de omogenitate şi izotropie. Dacă $k = 0$ sau $k = -1$, avem *universul Friedmann plat* şi, respectiv *universul Friedmann deschis*. În ambele cazuri, domeniul de variaţie al lui χ este $0 \le \chi < +\infty$. Astfel, atât universul Friedmann deschis, cât şi cel închis admit topologie R^3, adică în spaţiul euclidian tridimensional. Acesta, cel puţin, este topologia naturală. Este întotdeauna posibil să se opereze identificări atât în

cazul deschis, cât şi în cel plat, şi să se convertească aceste cosmologii – care, desigur, sunt infinite în spaţiu – în cosmologii închise în care hipersuprafeţele sunt compacte şi lipsite de frontiere. Dar asemenea identificări încalcă simetriile Killing *globale* şi, de aceea, sunt incompatibile cu ipotezele omogenităţii şi izotropiei de la care am pornit.

Cazul $k = +1$ este numit *universul Friedmann închis*. Domeniul de variaţie al variabilei χ în cazul universului Friedmann închis este $0 \leq \chi \leq \pi$. Topologia naturală – singura topologie consistentă cu simetriile globale Killing – este S^3, adică în coordonate sferice. Astfel, $\chi = 0$ reprezintă originea coordonatelor spaţiale, în timp ce $\chi = \pi$ reprezintă punctul antipodal. Şi în acest caz se pot realiza identificările consistente cu simetriile locale Killing.

Funcţiile $N(t)$ şi $R(t)$ sunt numite *interval* şi, respectiv, *factor de scală*. De fapt, funcţia interval selectează scala de timp, iar factorul de scală constituie o măsură a dimensiunii sectoarelor spaţiale de univers definite prin t = constant. Întrucât ecuaţiile Einstein de câmp sunt, în general, covariante, putem folosi orice scală de timp dorim, dar numai două sunt obişnuite pentru analiza universului Friedmann. Prima scală stabileşte $N(t) = 1$. Cu această alegere, timpul în metrica (B.1) este *timpul propriu*, şi acesta este timpul astrofizic actual. În cele ce urmează voi folosi pentru timpul real simbolul t. De observat că $N(t) = 1$ înseamnă şi că timpul şi spaţiul se măsoară cu aceleaşi unităţi de măsură. De exemplu, dacă timpul se măsoară în ani, atunci distanţa trebuie măsurată în ani-lumină.

Cea de-a doua scală de timp măsoară timpul în termenii factorului de scală: $N(t) = R(t)$. Aceasta scală de timp este numită *timp conformal*, fiindcă în acest caz metrica (B.1) este conformă cu o metrică statică. Când mă voi referi la timpul conformal voi folosi variabila τ. În timpul conformal, o rază de lumină care se propagă în direcţia χ, venind dinspre originea sistemului de coordonate, satisface ecuaţia $\chi = \tau$, deoarece toate razele se supun ecuaţiei $ds^2 = 0$.

Dacă la scara cea mai mare presiunea materiei este extrem de mică în comparaţie cu valoarea masei de repaus a materiei, atunci universul Friedmann poartă numele de *univers*

dominat de materie, iar ecuațiile Einstein exprimate în timp conformal dau pentru universul închis $k = +1$ (cu constanta cosmologică $\Lambda = 0$) următoarele relații între timpul real, factorul de scală și timpul conformal:

$$R(\tau) = \frac{R_{max}}{2}(1 - \cos\tau) = R_{max}\sin^2\left(\frac{\tau}{2}\right) \qquad \text{(B.2a)}$$

$$t(\tau) = \frac{R_{max}}{2}(\tau - \sin\tau) \qquad \text{(B.2b)}$$

(Vezi Misner, Thorne și Wheeler 1973 pentru demonstrație). Pentru $t << R_{max}$, este simplu de văzut din ecuațiile (B.2a) și (B.2b) că $R(t) = (3R_{max} / 16)^{1/3} t^{2/3}$, adică universul Friedmann plat dominat de materie (deși, dacă universul este într-adevăr plat, R_{max} este doar o constantă arbitrară).

Este evident din ecuațiile (B.2) că un univers închis își are originea într-o singularitate inițială de tip Big Bang[a] $R(\tau = 0) = 0$, intră în expansiune până la o dimensiune maximă cu factorul de scală $R_{max} = R(\tau = \pi)$ și intră apoi în colaps, ajungând în final la o singularitate Big Crunch[b] $R(\tau = 2\pi) = 0$. Este, de asemenea, evident, din ecuațiile (B.2) și din ecuațiile razelor de lumină exprimate anterior, că o rază de lumină care pornește din originea sistemului de coordonate ($\chi = 0$) în momentul inițial va ajunge la punctul antipodal al universului ($\chi = \pi$) exact în momentul maximei expansiuni și se va întoarce în originea coordonatelor exact în momentul în care universul se dizolvă în singularitatea finală Big Crunch.

Se observă că, în actuala epocă a istoriei sale, universul este dominat de materie și tot astfel a fost încă de pe vremea când avea vârsta de 500.000 de ani. În ceea ce privește viitorul, ne așteptăm să continue să fie dominat de materie până la momentul maximei expansiuni.

Constanta Hubble se definește ca $H_0 \equiv (R^{-1}dR/dt)\big|_{t_{acum}}$, unde t_{acum} este momentul actual. În literatura de specialitate găsim

[a] Big Bang este termenul prin care astrofizica desemnează marea explozie inițială prin care, se presupune, s-ar fi născut universul (*n.t.*).

[b] Stingerea, anihilarea universului (*n.t.*).

$H_0 = h(100 \text{ km/s-mpc})$, unde h este o constantă obținută – în principiu – prin măsurare. Din păcate, cosmologii poartă dezbateri aprinse despre rezultatul pe care observațiile îl dau pentru h; astfel că este necesar să îl lăsăm pe h în toate ecuațiile pentru ca rezultatele teoretice să rămână valabile indiferent de rezultatele observațiilor experimentale.

La orice moment de timp t, parametrul Hubble $H \equiv R^{-1}dR/dt = \frac{R_{max}}{2}\frac{(1-\cos\tau)^2}{\sin\tau}$, iar densitatea de masă a materiei ρ este dată de

$$\rho = \frac{3}{\pi R_{max}^2 (1-\cos\tau)^3}$$

Densitatea de masă este cea care ne spune dacă un univers Friedmann este deschis, plat sau închis. Dacă densitatea este egală cu densitatea „critică" $\rho_{crit} = 3H_0^2/8\pi$, atunci universul este plat. Dacă densitatea este mai mare de atât, atunci universul este închis; dacă este mai mică de atât, atunci el este deschis. Astfel, parametrul densitate, $\Omega_0 \equiv (\rho/\rho_{crit})\big|_{t_{acum}}$, determină tipul de univers.

Cu ecuațiile de mai sus este uşor de demonstrat că factorul de scală al unui univers Friedmann, dominat de materie cu constanta cosmologică $\Lambda = 0$ şi topologia spațială S^3 ($k = +1$), este dat de

$$R_{max} = \left(\frac{1}{H_0}\right)\frac{\Omega_0}{(\Omega_0 - 1)^{3/2}} \qquad \text{(B.3a)}$$

iar momentul actual de timp conformal τ_{acum} este dat de

$$\tau_{acum} = \cos^{-1}\left(\frac{2}{\Omega_0} - 1\right) \qquad \text{(B.3b)}$$

Timpul real total de viață t_U al unui asemenea univers închis este

$$t_U = \pi R_{max} = \left(\frac{\pi}{H_0}\right)\frac{\Omega_0}{(\Omega_0 - 1)^{3/2}} \qquad \text{(B.4)}$$

Pentru un univers dominat de materie, vârsta reală actuală, t_{acum}, este

$$t_{acum} = \left(\frac{\pi}{H_0}\right)\frac{\Omega_0}{(\Omega_0 - 1)^{3/2}}\left[\left(\frac{1}{2\pi}\right)\cos^{-1}\left(\frac{2}{\Omega_0} - 1\right) - \left(\frac{(\Omega_0 - 1)^{1/2}}{\pi\Omega_0}\right)\right]$$

ceea ce poate fi exprimat mai simplu în forma

$$t_{acum} = t_U\left[\left(\frac{1}{2\pi}\right)\cos^{-1}\left(\frac{2}{\Omega_0} - 1\right) - \left(\frac{(\Omega_0 - 1)^{1/2}}{\pi\Omega_2}\right)\right] \qquad \text{(B.5)}$$

adică mai puțin de $\frac{2}{3H_0}$ pentru orice univers închis, de vreme ce unui asemenea univers îi corespunde în mod necesar $\Omega_0 > 1$. Astfel că (restul de timp real) / (vârsta reală actuală) = (t_U – [vârsta reală actuală]) / (vârsta reală actuală) > $(3\pi/2)$ $[\Omega_0(\Omega_0 - 1)^{-3/2}] - 1$. Dacă $\Omega_0 \leq 2$ – iar observațiile arată că aceasta este o limită superioară conservativă (Börner 1992) – atunci (restul de timp real) / (vârsta reală actuală) > 8,4. Întrucât $H_0^{-1} = h^{-1}$ (10 miliarde ani), unde $1/2 \leq h \leq 1$, avem: (vârsta reală actuală) < h^{-1} (6,7 miliarde ani). Voi folosi vechea valoare Sandage-Tammann $h = 0{,}55$, care dă o vârstă reală actuală de cel mult 12 miliarde ani, deci, un rest de cel puțin 100 miliarde ani. Dacă vrem să fim și mai conservatori în estimarea restului de timp, alegem $\Omega_0 \leq 3$ și $h = 1$. Se ajunge astfel la o vârstă reală actuală a universului de 6,7 miliarde ani și 27 miliarde ani până la atingerea Punctului Omega. De fapt, $\Omega_0 \leq 3$ și $h = 1$ sunt mult, mult mai conservative, de vreme ce vârsta stelelor Populației II și datele de nucleogeneză sugerează cu putere că vârsta reală actuală este mai mare de 15 miliarde ani (Börner 1992), ceea ce implică $h < 0{,}45$. În 1992, Sandage, Tammann și colaboratorii lor anunțau (vezi Sandage și alții 1992) că cele mai recente măsurători, efectuate de ei cu

telescopul Hubble pentru rezolvarea Cepheidelor din galaxia IC 4182 în care fusese observată la un moment dat o supernovă de tip Ia, arată că $h = 0{,}51 \pm 0{,}09$. Schmidt şi colaboratorii au anunţat şi ei, în 1992, că măsurătorile efectuate asupra supernovelor de tip II dau ca rezultat $h = 0{,}6 \pm 0{,}1$. Ambele observaţii de dată recentă duc la $h \approx 0{,}5$, dar conflictul iscat în jurul valorii constantei Hubble continuă (Flam 1993). (Am experimentat vârsta universului în funcţie de parametrul densitate, dar aş fi putut la fel de bine să folosesc parametrul de decelare q_0, căci pentru $\Lambda = 0$ avem $2q_0 = \Omega_0$. De aceea, ipoteza $\Omega_0 \leq 2$ este echivalentă cu ipoteza $q_0 \leq 1$.)

De asemenea, se poate dovedi că există cu mult mai multă realitate în viitor decât în trecut comparând volumul întregului continuum spaţiu-timp cu volumul spaţiu-timpului din conul luminos corespunzător trecutului. Pentru universurile Friedmann închise dominate de materie, volumul total al spaţiu-timpului – un volum cuadridimensional – este dat de:

$$V_{Total} = \int_V \sqrt{-g}\, d^4x = \int_0^{2\pi} d\tau \int_0^{\pi} d\chi \int_0^{\pi} d\theta \int_0^{2\pi} d\Phi R^4(\tau) \sin^2\chi \sin\theta$$

$$\frac{35\pi^3}{32} R_{max}^4 = \frac{35\pi^3 \Omega_0^4}{32 H_0^4 (\Omega_0 - 1)^6} \qquad \text{(B.6a)}$$

Volumul $V_{trecut}(\tau)$ al conului luminos al trecutului unui eveniment la timpul conformal $0 < \tau \leq \pi$ este

$$V_{trecut}(\tau) = \int_0^{\tau} R^4(\tilde{\tau}) d\tilde{\tau} \int_0^{\tau-\tilde{\tau}} \sin^2\chi \, d\chi \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta \int_0^{2\pi} d\phi =$$

$$= 2\pi R_{max}^4 \int_0^{\tau} \sin^8\left(\frac{\tilde{\tau}}{2}\right)\left(\tau - \tilde{\tau} - \frac{1}{2}\sin 2(\tau - \tilde{\tau})\right) d\tilde{\tau} \qquad \text{(B.6b)}$$

În particular, $V_{trecut}(\pi) = [(35\pi^3/128) - (104\pi/45)] \cdot R_{max}^4$, astfel că $V_{Total} / V_{trecut} \approx 28$ chiar şi pentru un observator aflat la momentul maximei expansiuni. Folosind (B.3), $V_{trecut}(\tau)$ poate fi exprimat în formă închisă cu ajutorul lui H_0 şi Ω_0, dar întrucât exprimarea în formă închisă este complicată, vom găsi o limită

superioară în volumul cuadridimensionat al conului luminos trecut luând pentru raza universului vizibil valoarea t_{acum}. Se obține astfel $V_{trecut} < \frac{4\pi}{3} t_{acum}^4$. Din $t_{acum} < \frac{2}{3H_0}$ obținem o limită inferioară pentru raportul dintre volumul întregului continuum spațiu-timp și volumul conului luminos trecut:

$$\frac{V_{Total}}{V_{trecut}} > \frac{40\Omega_0^4}{(\Omega_0 - 1)^6} \tag{B.7}$$

Această limită inferioară este egală cu 640 pentru $\Omega_0 = 2$. (Integrând numeric ecuația (B.6) se ajunge la $V_{Total}/V_{trecut} = 29.000$ pentru $\Omega_0 = 2$ și 630 pentru $\Omega_0 = 3$.) Dacă R_{acum} este valoarea factorului de scală acum, atunci putem utiliza (B.3a) pentru a arăta că

$$\frac{R_{acum}}{R_{max}} = \frac{\Omega_0 - 1}{\Omega_0} \approx \Omega_0 - 1 \tag{B.8}$$

unde ultima egalitate este valabilă dacă $\Omega_0 - 1 << 1$. Voi arăta în anexa H că Teoria Punctului Omega prezice

$$10^2 e^{-4\pi} \geq R_{acum}/R_{max} \geq e^{-4\pi}.$$

Aceasta duce la $3{,}5 \times 10^{-4} \leq (\Omega_0 - 1) \leq 3{,}5 \times 10^{-6}$, astfel încât din (B.7) avem $2 \times 10^{34} > V_{Total}/V_{trecut} > 2 \times 10^{22}$. În fiecare caz, volumul spațiu-timpului viitorului nostru este mai mare decât cel al trecutului. Volumul conului luminos al trecutului Punctului Omega este V_{total} – întregul continuum spațio-temporal – așa cum am subliniat în text.

Volumul *spațial* tridimensional al universului astăzi, $V_{acum}^{spațial}$ este dat de

$$V_{acum}^{spațial} = R_{acum}^3 \int_0^{\pi} \sin^2\chi \, d\chi \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta \int_0^{2\pi} d\Phi = 2\pi^2 R_{acum}^3$$
$$= \frac{\pi^2}{4} R_{max}^3 (1 - \cos\tau)^3 = \frac{2\pi^2}{H_0^3 (\Omega_0 - 1)^{3/2}} \tag{B.9}$$

Distanța spațială reală până la punctul antipodal în momentul de față, $D_{antipodal}^{acum}$, este (cu condiția ca universul să prezinte topologia spațială S^3 și să fie dominat de materie) dată de

$$D_{antipodal}^{acum} = \pi R_{acum} = \frac{\pi R_{max}}{2}\left(1 - \cos\tau\right) = \frac{\pi}{H_0\sqrt{\Omega_0 - 1}} \qquad \text{(B.10)}$$

Intervalul de timp până la momentul maximei expansiuni, t_{max}, este egal cu doar jumătate din timpul de viață real total dat de (B.4), așa că, dacă $D_{antipodal}^{max}$ reprezintă distanța până la punctul antipodal corespunzătoare maximei expansiuni și 10^{12} parsec = 1 teraparsec, atunci

$$t_{\max} = \frac{\pi R_{\max}}{2} = \left(\frac{\pi}{2H_0}\right)\frac{\Omega_0}{\left(\Omega_0 - 1\right)^{3/2}} \qquad \text{(B.11)}$$

Deci, cu $h = \frac{1}{2}$ și $3{,}5 \times 10^{-4} \le (\Omega_0 - 1) \le 3{,}5 \times 10^{-6}$, avem

$$5 \times 10^{16} \text{ ani} \le t_{max} \le 5 \times 10^{18} \text{ ani} \qquad \text{(B.12)}$$

$$1 \text{ teraparsec} \le D_{antipodal}^{acum} \le 10 \text{ teraparsec} \qquad \text{(B.13)}$$

$$(1 \text{ teraparsec})^3 \le V_{acum}^{spațial} \le (10 \text{ teraparsec})^3 \qquad \text{(B.14)}$$

$$3\times10^3 \le \frac{R_{max}}{R_{acum}} \le 3\times10^5 \qquad \text{(B.15)}$$

$$3000 \text{ teraparsec} \le D_{antipodal}^{max} \le 3 \text{ milioane teraparsec} \qquad \text{(B.16)}$$

Scala de timp din inegalitatea (B.12) este timpul real *t*. Totuși, *timpul entropic* $\Theta(t)$, definit ca fiind cantitatea totală de entropie care există în univers la momentul *t*, reprezintă o scală de timp mult mai relevantă din punct de vedere fizic decât timpul real. Conform celui de-al Doilea Principiu al Termodinamicii, $\Theta(t)$ este o funcție monoton crescătoare și, întrucât în univers se petrec în mod continuu procesele ireversibile, Θ este, de fapt, o funcție strict crescătoare, astfel că poate fi folosită drept scală de timp. Dacă $s(t)$ este densitatea de entropie ca funcție de timp real *t*, arunci

$$\Theta(t) = V^{spațial}(t)s(t) = [2\pi^2 R^3(t)]s(t)$$

Aproape toată entropia din univers se prezintă în momentul de față sub forma radiației cosmice de fond. Densitatea de entropie a radiației de fond se calculează ușor. Densitatea de energie liberă Helmholtz a radiației este (Landau și Lifshitz 1969, p. 165) $F = -\frac{1}{3}aT^4$, unde $a = \pi^2 k^4 / 15c^3\hbar^3$ este constanta de radiație, iar T este temperatura. Astfel, densitatea de entropie este $s = -\partial F / \partial T = \frac{4}{3}aT^3$. Mai general, densitatea de entropie este $s = \frac{2}{3}gaT^3$, unde $g = g_B + \frac{7}{8}g_F$ și g_B sunt gradele de libertate ale spinului bozonic, iar g_F sunt gradele de libertate ale spinului fermionic. În epoca actuală $g_F = 6$, căci există 6 tipuri de neutrino (mai precis, există un neutrino și un antineutrino pentru fiecare din cele 3 generații) și $g_B = 2$. Totuși, neutrinii din epoca actuală au o temperatură $T_\nu = \left(\frac{4}{11}\right)^{1/3} T_\gamma$, unde T_γ este temperatura radiației electromagnetice cosmice, căci anihilarea electron-pozitron în universul timpuriu a făcut să crească temperatura radiației electromagnetice, dar nu a modificat temperatura neutrinilor. Astfel că raportul dintre densitatea de entropie electromagnetică și densitatea de entropie neutrinică este astăzi

$$\frac{s_\gamma}{s_\nu} = \frac{(2)T_\gamma^3}{6\left(\frac{7}{8}\right)T_\nu^3} = \frac{22}{21}$$

Densitatea totală de entropie este suma densităților entropiilor electromagnetică și neutrinică. Exprimată în unități biți/cm^3, aceasta înseamnă

$$s(t_{acum}) = \frac{4}{3}\left(1 + \frac{21}{22}\right)\left(\frac{a}{k\ln 2}\right)T_\gamma^3 = 4{,}173 \pm 46 \text{ biți/cm}^3 \quad \text{(B.17)}$$

unde am folosit rezultatul ultimei măsurători a temperaturii radiației cosmice de fond realizată cu COBE (Mather și alții 1994), $T_\gamma = 2{,}726 \pm 0{,}010$ °K la un nivel de încredere de 95%.

Combinând inegalitățile (B.14) și (B.17) cu definiția timpului entropic ajungem la relația de mai jos pentru timpul entropic al epocii prezente, $\Theta(t_{acum})$.

$$1 \times 10^{95} \text{ biți} \leq \Theta(t_{acum}) \leq 1 \times 10^{98} \text{ biți} \qquad \text{(B.18)}$$

Voi arăta în anexele H şi M că Θ diverge spre $+\infty$ pe măsură ce ne apropiem de singularitatea finală, astfel că trecutul este, în ceea ce priveşte timpul entropic, finit, dar viitorul este infinit.

Lista inegalităților (B.12)–(B.18) defineşte universul până la momentul maximei expansiuni. Până atunci el va fi aproximativ Friedmannian (justificarea va fi dată în anexa H). Voi demonstra acum că, chiar dacă evoluția unui univers închis se abate drastic de la omogenitate şi izotropie după începerea colapsului, toate curbele temporale vor atinge, după un timp real finit, singularitatea finală.

Teorema Singularității Finale: Dacă într-un spațiu-timp sunt valabile următoarele condiții:

1. există o hipersuprafață spațială compactă de tip Cauchy S pe care urma χ_a^a a curburii exterioare este peste tot negativă;

2. este valabilă condiția de convergență temporală,

atunci lungimea în timp real a oricărei curbe temporale spre viitorul lui S are o limită superioară universală $t_f \equiv \inf_s \left| 3/\chi_a^a \right|$. Ceea ce înseamnă că lungimea temporală reală a oricărei curbe temporale γ în $J^+(S)$ este mai mică sau egală cu t_f.

Comentariu: o hipersuprafață spațială *compactă* este o varietate spațială tridimensională finită şi fără frontieră: ea corespunde unui univers închis la un anumit moment de timp. Faptul că urma curburii externe este negativă arată că la acel moment de timp universul închis se contractă pretutindeni. O hipersuprafață *Cauchy* este o hipersuprafață pe care orice curbă temporală o intersectează o singură dată. Se poate demonstra că asta implică faptul că în spațiu-timp toate mulțimile de forma $J^+(p) \cap J^-(q)$ sunt compacte pentru oricare două evenimente p şi q din spațiu-timp, unde mulțimea cauzală trecută $J^-(q) \equiv \{s \mid$ există o curbă temporală sau nulă îndreptată spre viitor de la s la q$\}$, iar mulțimea cauzală corespunzătoare viitorului $J^+(p) \equiv \{s \mid$ există o curbă temporală sau nulă îndreptată spre trecut de la s la p$\}$. (Dacă „temporală sau nulă" din mulțimile anterioare se înlo-

cuieşte cu „temporală", atunci mulţimile poartă numele de trecut cronologic $I^-(p)$ al evenimentului p, respectiv viitor cronologic $I^+(p)$ al evenimentului p.)

Spaţiu-timpul în care toate mulţimile de forma $J^+(p) \cap J^-(q)$ sunt compacte se numeşte spaţiu-timp *hiperbolic global.* Caracterul hiperbolic global presupune valabilitatea determinismului: întregul spaţiu-timp este determinat în mod unic pe baza datelor iniţiale de pe hipersuprafaţă S.

Condiţia de convergenţă temporală presupune că $R_{ab}V^aV^b \geq 0$ pentru toţi vectorii temporali V^a, unde R_{ab} este tensorul Ricci. Din punct de vedere fizic, această condiţie semnifică faptul că gravitaţia este întotdeauna de tip atractiv.

Demonstraţia teoremei: Hawking şi Ellis au arătat că dacă este îndeplinită condiţia de convergenţă temporală, atunci în intervalul de timp real $\left|3/\chi_a^a\right|$ există un punct conjugat p de-a lungul unei geodezice temporale γ care intersectează normal pe S (asta înseamnă că două geodezice vecine normale pe S se intersectează în p). Cum S este compactă, asta înseamnă că toate geodezicele temporale normale pe S trebuie să aibă punctul conjugat în viitor undeva pe distanţa $t_f \equiv \inf_s \left|3/\chi_a^a\right|$ pornind de la S. Hawking şi Ellis au arătat, de asemenea, că pentru fiecare punct q dintr-un spaţiu-timp cu o hipersuprafaţă Cauchy S, există o geodezică temporală normală pe S, de lungime maximă, de la S la q şi lipsită de puncte conjugate. Dar dacă ar exista o curbă temporală de lungime mai mare decât t_f, atunci ar trebui să fie o geodezică normală pe S, de lungime mai mare decât t_f şi lipsită de puncte conjugate. Dar tocmai am văzut că toate geodezicele de acest fel au puncte conjugate pe o distanţă egală cu t_f. Această contradicţie stabileşte că nicio curbă temporală nu poate avea o lungime mai mare decât t_f. Ea încheie demonstraţia.

Referinţe bibliografice

Börner, Gerhard 1992. *The Early Universe: Facts and Fiction*, Berlin: Springer-Verlag.

Flam, Faye 1993. „Battle Lines Shift in the Great Cosmic Distance Dispute", *Science* 259: 1262–1263.

Hawking, S. W. şi George F. R. Ellis 1973. *The Large Scale Structure of Space-Time.* Cambridge: Cambridge University Press.

Landau, Lev D. şi E. M. Lifshitz 1969. Statistical Physics. *Reading,* MA: Addison-Wesley.

Mather, J. C., et al. 1994. „Measurement of the Cosmic Microwave Background Spectrum by the COBE FIRAS". *Astrophysical Journal* 420: 439 -444.

Misner, Charles W., Kip S. Thorne şi John A. Wheeler 1973. *Gravitation.* San Francisco: Freeman.

Peebles, P. James E. 1971. *Physical Cosmology.* Princeton: Princeton University Press.

— 1993. *Principles of Physical Cosmology.* Princeton: Princeton University Press.

Sandage, Allan, A. Saha, G. A. Tammann, Nino Panagia şi D. Macchetto 1992. „The Cepheid Distance of IC 4182; Calibration of $M_V(max)$ for SN Ia 1937C and the Value of H_0". *Astrophysical Journal* **401**: L7–L10.

Schmidt, Brian, Robert Kirshner şi Ronald Eastman 1992: „Expanding Photospheres of Type II Supernovae and the Extragalactic Distance Scale". *Astrophysical Journal* **395**: 366–86.

Smoot, George F., et al. 1992. „Structure in the COBE Differential Microwave Radiometer First-Year Maps". *Astrophysical Journal* **396**: L1–L5.

Tipler, Frank J. 1996. *Global General Relativity.* Oxford: Oxford University Press.

C. Limita Bekenstein

Limitarea fundamentală a numărului de stări cuantice posibile într-o regiune mărginită – sau, altfel, a numărului de biți de informație care pot fi codificați într-o regiune mărginită – este dată de limita Bekenstein [1,2]. Limita Bekenstein reprezintă o consecință a postulatelor fundamentale ale teoriei cuantice a câmpului. Nu vom da aici deducerea ei, dar, în esență, limita Bekenstein nu constituie decât o altă manifestare a principiului de incertitudine a lui Heisenberg.

Dacă, așa cum este cazul obișnuit, informația I și numărul de stări posibile N sunt legate prin ecuația $I = \log_2 N$, atunci limita Bekenstein a cantității de informație codificată în interiorul unei sfere de rază R și energie totală E este

$$I \leq 2\pi ER/\left(\hbar c \ln 2\right) \tag{C.1}$$

sau, exprimând energia în unități de masă (kg),

$$I \leq 2{,}57686\times 10^{43}\left(\frac{M}{1\text{ kg}}\right)\left(\frac{R}{1\text{ m}}\right)\text{biți} \tag{C.2}$$

De exemplu, omul mediu are o masă mai mică de 100 kg și o înălțime mai mică de 2 metri. (Astfel că un astfel de om poate fi încadrat într-o sferă cu raza de un metru.) De aceea, alegând M egal cu 100 kg și R egal cu 1 m în formula (C.2), obținem

$$I_{om} \leq 2{,}57685\times 10^{45}\text{ biți} \tag{C.3}$$

ca limită superioară a numărului de biți I_{om} care poate fi codificat de o entitate fizică de dimensiunile și masa unei ființe umane.

Voi aduce un *argument* elementar *de plauzibilitate* pentru limita Bekenstein (C.1). Nu este vorba despre un argument riguros. (O demonstrație pe deplin riguroasă presupune prea multe cunoștințe de teoria cuantică a câmpului pentru a putea fi prezentată în această carte.) Principiul de nedeterminare ne spune că

$$\Delta P\Delta R \geq \hbar \tag{C.4}$$

unde ΔP reprezintă limita cunoașterii impulsului, iar ΔR limita poziției. (Astfel spus, inegalitatea (C.4) exprimă dimensiunea

minimă a unei celule elementare din spațiu fazelor.) Astfel, dacă impulsul total este mai mic decât P, iar sistemul se află în interiorul unei regiuni de dimensiune R, atunci spațiul fazelor corespunzător sistemului trebuie divizat în nu mai mult de $PR/\Delta P\Delta R = 2\pi PR/h$ subintervale distincte. Aceasta înseamnă că limita numărului n de stări distincte este $22\pi PR/h$. Cum pentru orice particulă $P \le E/c$, unde E este energia totală a sistemului, inclusiv masa de repaus a sistemului, egalitatea fiind valabilă numai pentru sisteme care se deplasează cu viteza luminii, avem

$$I = \log_2 n \le \frac{n}{\ln 2} \le 2\pi\left(\frac{E}{c}\right)\left(\frac{R}{h\ln 2}\right) \le \frac{2\pi ER}{\hbar c \ln 2}$$

adică limita Bekenstein (C.1). (Complicațiile suplimentare ca, de exemplu, structura particulei şi faptul că sistemul nu este unidimensional, ci tridimensional, sunt luate în considerare implicit prin faptul că pentru N mare $\log_2 N$ este mult mai mic decât N. Aşa cum am spus, deducerea de mai sus nu este riguroasă.)

Limita vitezei de procesare a informației poate fi obținută [1] direct din limita Bekenstein dacă se observă că intervalul de timp necesar unei tranziții de stare nu poate fi mai mic decât intervalul de timp necesar luminii ca să traverseze sfera de rază R, adică decât $2R/c$. Astfel

$$\dot{I} \le \frac{I}{2R/c} \le \frac{\pi E}{\hbar \ln 2} = 3{,}86262\times 10^{51}\left(\frac{M}{1\text{ kg}}\right) \text{ biți/s} \qquad \text{(C.5)}$$

unde punctul de deasupra lui I semnifică derivata în raport cu timpul real. Înlocuind M cu 100 kg în inegalitatea (C.5), obținem limita vitezei de schimbare a stării unei ființe umane, $\dot{I}_{om}$:

$$\dot{I}_{om} \le 3{,}86262\times 10^{53} \text{ stări/s} \qquad \text{(C.6)}$$

Cifrele semnificative din RHS-urile inegalităților (C.2), (C.3), (C.5) şi (C.6) trebuie considerate cu precauție. Ele exprimă corect ceea ce cunoaştem noi despre constantele c şi $\hbar$. Dar probabil limita Bekenstein nu reprezintă limita superioară minimă nici pentru I şi nici pentru $\dot{I}$; Schiffer şi Bekenstein au arătat

recent [2] că este probabil ca limita Bekenstein să supraestimeze, cu un factor de cel puțin 100, atât pe I cât și pe $\dot{I}$.

Strict vorbind, (C.5) este aplicabilă unui singur canal de comunicații [3]; dar, dacă se iau în considerare diferite canale, este probabil [4] ca ea să se aplice chiar și sistemelor multicanal. Oricum, dacă respectiva necesitate nu este luată în considerare, atunci numărul de canale este, evident, limitat de numărul de stări dat de (C.1), astfel că o valoare extrem de strictă pentru această limită este $\frac{dI}{d\tau} \leq e^{I} \dot{I}^{B}_{max}$ (J. D. Bekenstein, discuție particulară).

Omul – de fapt, orice obiect din universul real – codifică, în realitate, cu mult mai puțină informație decât ar putea să codifice conform teoriei cuantice a câmpului. De exemplu, un singur atom de hidrogen, dacă ar fi să codifice toată informația pe care i-o permite limita Bekenstein, ar trebui să codifice aproximativ 4×10^6 biți de informație, căci are o rază de 1 Ångström și o masă de aproximativ $1{,}67 \times 10^{-27}$ kg. Deci, un atom de hidrogen ar trebui să codifice în jur de un megabit de informație; însă în mod normal el codifică mai puțin de un bit de informație. Așadar, masa hidrogenului nu este folosită în mod eficient!

Dacă alegem raza egală cu cea a unui proton ($R = 10^{-13}$ cm), atunci cantitatea de informație pe care protonul o poate codifica este de numai 44 biți! Este o cantitate remarcabil de mică, dacă ținem seama de complexitatea protonului – quarkuri cu trei valențe, nenumărate quarkuri și gluoni – atât de mare, încât nu am putut să îi calculăm, nici cu cele mai puternice supercomputere, starea fundamentală pe baza primelor principii cu modelul standard. Bekenstein a folosit acest număr foarte mic de stări posibile ale protonului ca să limiteze numărul de câmpuri de quark posibile în marea de quarkuri.

Limita Bekenstein sub forma

$$I = \frac{S}{\ln 2} \leq \frac{A}{4L_P^2 \ln 2} = \frac{\pi R^2}{L_P^2 \ln 2} \qquad \text{(C.7)}$$

unde S este entropia dintr-o regiune legată cauzal în interiorul unei sfere bidimensionale de rază R și suprafață A, iar L_P este lungimea Planck, este adecvată universului timpuriu în care particulele pre-

zintă orizont, ca şi găurilor negre. Forma (C.7) a limitei Bekenstein poate fi derivată cu uşurinţă din forma (C.1) după cum urmează.

Dacă $R = 2GE/c^4$, atunci se formează o gaură neagră care înglobează informaţia, iar în spaţiul asimptotic plat nu se poate include într-o sferă de rază R mai multă informaţie decât atât. Astfel că

$$I \leq \frac{2\pi ER}{\hbar c \ln 2} = 2\pi\left(\frac{Rc^4}{2G}\right)\frac{R}{\hbar c \ln 2} = 4\pi R^2\left(\frac{c^3/G\hbar}{4\ln 2}\right)$$

Dacă $c^3/G\hbar = L_P^{-2}$ şi $A = 4\pi R^2$, astfel încât obţinem (C.7). Totuşi, formarea unei găuri negre implică existenţa orizonturilor de evenimente, ceea ce înseamnă că singularitatea finală nu poate fi un punct omega. Astfel spus, inegalitatea (C.7) se aplică dacă şi numai dacă informaţia corespunzătoare vieţii este restrânsă la o anumită parte a Universului, şi nu este răspândită în întregul Univers.

Bekenstein a observat [5] că, atunci când o regiune din universul timpuriu cu orizonturile particulelor sale are o rază de ordinul unei lungimi Planck L_P, entropia şi informaţia trebuie să fie de ordinul unu sau mai puţin; de aici, el trage concluzia că singularitatea iniţială nu există. Eu aş da o altă interpretare acestui rezultat (pe care îl cred corect), şi anume că el implică faptul că singularitatea iniţială Friedmann este unică; nu există niciun fel de informaţie în singularitatea iniţială. Aşadar, pentru singularitatea iniţială $I = S = 0$ şi, astfel, nu există nicio contradicţie când RHS-ul lui (C.7) tinde la zero odată cu $R \to 0$.

Ellis şi Coule [6] arată că, în *orice* univers închis în apropierea singularităţii *finale*, (C.7) încă reprezintă forma corectă a limitei Bekenstein, R fiind factorul de scală al universului şi, astfel, $R \to 0$ înseamnă $I \to 0$, ceea ce, evident, elimină situaţia $I \to +\infty$ când $R \to 0$ valabilă dacă Teoria Punctului Omega este corectă. Voi arăta în anexa H că, dacă în locul lui (C.7) se foloseşte (C.1), se poate obţine $I \to +\infty$ pentru $R \to 0$ cu condiţia ca orizonturile evenimentelor să dispară.

Dar Ellis şi Coule greşesc; forma (C.7) nu poate fi corectă în apropierea singularităţii finale într-un univers închis lipsit de orizonturi de eveniment, căci, dacă ar fi, atunci aceasta ar

reprezenta o violare globală şi universală a celui de-al Doilea Principiu al Termodinamicii pentru o temperatură a radiaţiei care atinge doar 5×10^4 GeV, adică o valoare mult sub energia Planck de 10^{19} GeV şi chiar mult sub temperatura de unificare pentru care, credem noi, sunt valabile atât limita Bekenstein, cât şi Al Doilea Principiu al Termodinamicii.

Ca să vă convingeţi de asta, scrieţi ecuaţia $S = sR^3$, unde s este densitatea de entropie, şi notaţi cu R_0 şi T_0 factorul de scală şi temperatura radiaţiei la momentul actual. Folosind expresia $R = R_0T_0/T$, (C.7) dă următoarea limită superioară pentru temperatura universală viitoare T:

$$T \leq \frac{\sqrt{\pi_0}\, T_0}{\sqrt{S_0 R_0 L_P^2}} \qquad \text{(C.8)}$$

Din ecuaţia (B.17), anexa B, avem $s_0 = 2{,}9 \times 10^3$ cm^{-3}. (Vezi şi [7, p. 273]. De observat că pentru a putea aplica (B.17) lui (C.8) este necesar să se omită factorul ln 2.) De asemenea, $T_0 = 2{,}726°\text{K} = 2{,}349 \times 10^{-13}$ GeV. Se ajunge la

$$T \leq 5{,}3 \times 10^4\,\text{GeV} \qquad \text{(C.9)}$$

dacă R_0 = 3 gigaparsec (distanţa Hubble) şi la $T \leq 3 \times 10^3$ GeV, dacă R_0 = 1 teraparsec, adică limita inferioară găsită de mine în anexa B. Dacă R_0 = 10 teraparsec, adică limita superioară găsită de mine în anexa B, atunci $T \leq 1 \times 10^3$ GeV, adică energia pe care LHC este destinat să o examineze. Desigur că şi mecanica cuantică şi Al Doilea Principiu al Termodinamicii sunt valabile la o asemenea energie, chiar şi în faza de colaps a unui univers închis.

Şi dacă este aşa, atunci argumentul lui Ellis şi Coule devine un argument în sprijinul ideii de viaţă care înghite universul şi continuă veşnic. Dacă viaţa include întregul univers închis atunci, aşa cum voi arăta în anexa H, apar orizonturile, calculul Ellis-Coule devine valabil şi, sau mecanica cuantică, sau Al Doilea Principiu al Termodinamicii eşuează, în faza de colaps, în domeniul energiilor scăzute. Astfel încât există două posibilităţi: sau universul nu este închis sau viaţa este veşnică într-un univers pe care-l înglobează. În ultimă instanţă, Al Doilea Principiu al

Termodinamicii cere *cu necesitate* viața. Acesta este un argument în plus pentru postulatul vieții veșnice.

Referințe bibliografice

[1] Bekenstein, J.D. 1981. *Physical Review Letters* 46:623.

[2] Schiffer, M. and J.D. Bekenstein 1989. *Physical Review* D39: 1109; and *Physical Review* D42: 3598.

[3] Bekenstein, J.D. 1988. *Physical Review* A37:3437.

[4] Bekenstein, J.D. 1984. *Physical Review* D30:1669.

[5] Bekenstein, J.D. 1989. *International Journal of Theoretical Physics* 28:967.

[6] Ellis, G.F.R. and D.H. Coule 1992. „Life at the End of the Universe", University of Cape Town preprint.

[7] Börner, G. 1992. The Early Universe Berlin: Springer.

D. Legea Acțiunii Masei impune imposibilitatea discernabilității cuantice

Pentru că – în mod surprinzător – puține cărți de fizică și chimie, care demonstrează Legea Acțiunii Masei, subliniază că ea necesită ipoteza imposibilității discernabilității cuantice, – faptul că două sisteme aflate în aceeași stare cuantică nu pot fi deosebite unul de altul prin niciun experiment, indiferent de progresul tehnologic posibil și indiferent ce noi legi ale fizicii vom mai descoperi în viitor – voi oferi aici o demonstrație. (Uimitor lucru, nici măcar *Enrico Fermi* (!) nu a menționat-o nici în lucrarea sa devenită clasică, *Termodynamics*, și nici în *Notes on Termodynamics and Statistics*, deși în ambele analizează în detaliu Legea Acțiunii Masei.) Demonstrația mea urmează modelul lui Reif și presupune un bagaj de cunoștințe de mecanică statistică și termodinamică clasică de bază. O bună introducere în aceste domenii o constituie lucrarea lui Charles Kittel. Vă mai recomand și cărțile lui Callan și Pippard.

Să considerăm un sistem chimic unifazic care conține m tipuri distincte de molecule. Vom nota simbolurile chimice ale acestor molecule cu $A_1, A_2, \ldots, A_m$; fie N_i numărul de molecule de tip A_i din sistem. *Ecuația chimică* exprimă modul în care aceste molecule se transformă dintr-una într-alta; fie a_i coeficientul lui A_i într-o ecuație chimică. Conservarea numărului de atomi face ca ecuația chimică generală să poată fi scrisă sub forma

$$\sum_{i=1}^{m} a_i A_i = 0 \qquad \text{(D.1)}$$

De exemplu, reacția în urma căreia rezultă apă

$$2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O \qquad \text{(D.2)}$$

poate fi scrisă sub forma

$$-2H_2 - O_2 + 2H_2O = 0$$

și astfel $(a_1, a_2, a_3) = (-2, -1, 2)$, cu $(A_1, A_2, A_3) = (H_2, O_2, H_2O)$. Reacția (D.2) conține simbolul „$\rightleftharpoons$“ care arată că ea se poate

desfăşura în ambele sensuri sau că poate atinge echilibrul. Aşa încât, dacă luăm o sticlă umplută cu două volume de hidrogen la fiecare volum de oxigen şi îi dăm foc, vom obţine *aproape numai* apă, dar vor mai rămâne şi ceva molecule de hidrogen şi de oxigen. Dacă vom continua să privim sticla, vom observa că unele molecule de apă se vor disocia în hidrogen şi oxigen din nou, iar unele molecule de hidrogen şi de oxigen se vor combina ca să dea apă. **Legea Acţiunii Masei** ne spune exact câte molecule din fiecare tip vom avea în sistemul nostru la echilibru:

$$N_1^{a_1} N_2^{a_2} \ldots N_k^{a_k} = K_N(T,V) \qquad \text{(D.3)}$$

unde mărimea $K_N(T,V)$, numită constantă de echilibru, este independentă de numărul de molecule prezente în sistem; ea depinde numai de temperatura T şi volumul V al sistemului. (Dacă scriem $[A_i] \equiv N_i / N_A V$, unde N_A este numărul lui Avogadro, iar $[A_i]$ este numărul de moli pe unitatea de volum de molecule A_i, atunci se poate demonstra că Legea Acţiunii Masei poate fi scrisă în forma $[A_1]^{a_1} [A_2]^{a_2} \ldots [A_m]^{a_m} = V^a K(T)$, unde $a = \sum_{i=1}^{m} a_i$ şi $K(T)$ este funcţie numai de temperatură, dar nu voi demonstra aici. De asemenea, forma (D.3) se aplică numai gazelor, întrucât am presupus că interacţiile dintre molecule pot fi neglijate. Pentru a obţine formula corespunzătoare moleculelor în soluţie, se înlocuieşte N_i din (D.3) cu $N_i/(N_0)$, unde N_0 este numărul de molecule de soluţie.)

În cazul particular al reacţiei (D.2) din care rezultă apă, Legea Acţiunii Masei (D.3) ne spune că

$$\frac{(N_{H_2O})^2}{(N_{H_2})^2 N_{O_2}} = K_N(T,V)$$

Demonstraţia legii acţiunii masei: fie s_i stările posibile ale moleculei i şi $E_i(s_i)$ energia acestei molecule în această stare. Dacă interacţia dintre molecule este neglijabilă, atunci energia totală a sistemului va fi $E = \sum_i E_i(s_i)$. Dacă toate moleculele sunt *considerate distincte,* atunci funcţia de partiţie ar trebui să fie

$$\tilde{Z} = \sum_{s_1, s_2 \ldots} e^{-\beta[E_1(s_1)+E_2(s_2)+\ldots]} = \left(\sum_{s_1} e^{-\beta E_1(s_1)}\right)\left(\sum_{s_2} e^{-\beta E_2(s_2)}\right)\ldots \qquad \text{(D.4)}$$

unde suma este calculată pe toate stările fiecărei molecule, $\beta \equiv 1/kT$, şi k este constanta Boltzmann. Ultima egalitate se obţine presupunând interacţia dintre molecule neglijabilă. În produsul (D.4) vor fi N_i factori egali de forma

$$\zeta_i \equiv \sum_q e^{-\beta E_q(s_q)} \qquad \text{(D.5)}$$

pentru fiecare din cele N_i, molecule de tip i, unde suma este calculată pe toate stările unei singure molecule de tip i. Astfel, *presupunând că toate moleculele pot fi deosebite una de alta,* funcţia de partiţie ar fi

$$\tilde{Z} = \zeta_1^{N_1} \zeta_2^{N_2} \ldots \zeta_m^{N_m} \qquad \text{(D.6)}$$

Totuşi, *moleculele* **nu** pot fi *deosebite una de alta!* De aceea, funcţia de partiţie corectă se obţine împărţind pseudofuncţia de partiţie – expresia (D.6) – la $N_1!N_2!\ldots N_m!$ permutări posibile ale moleculelor de acelaşi tip între ele! Astfel că funcţia de partiţie *corectă* este

$$Z = \left(\frac{\zeta_1^{N_1}}{N_1!}\right)\left(\frac{\zeta_2^{N_2}}{N_2!}\right)\ldots\left(\frac{\zeta_m^{N_m}}{N_m!}\right) \qquad \text{(D.7)}$$

Relaţia obişnuită dintre *energia liberă* Helmholtz F şi funcţia de partiţie dă

$$F = -kT \ln Z = -kT \sum_{i=1}^{m} \left(N_i \ln \zeta_i - \ln N_i!\right) \qquad \text{(D.8)}$$

Sistemul se află în echilibru atunci când energia liberă este minimă. Minimul apare atunci când diferenţa totală a energiei libere este nulă: $dF = 0$. Întrucât în starea de echilibru volumul, temperatura şi numărul de molecule din fiecare categorie sunt constante, condiţia de echilibru este:

$$dF = \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{\partial F}{\partial N_i}\right)_{T,V,N} dN_i = 0 \qquad \text{(D.9)}$$

(Deoarece $F = E - TS$ şi nici E, nici T nu se modifică, singura variabilă care se poate modifica fiind numărul de molecule din fiecare categorie, condiția $dF = 0$ este echivalentă cu condiția $dS = 0$, astfel că (D.9) este esențialmente echivalentă cu cerința ca, la echilibru, entropia S să fie maximă.)

Cum în reacțiile chimice atomii se conservă, variațiile dN_i ale numerelor de molecule trebuie să fie proporționale cu numerele a_i care apar în ecuația chimică (D.1). Ceea ce înseamnă că trebuie să avem

$$dN_i = ca_i \tag{D.10}$$

pentru toți i, unde c este o constantă de proporționalitate, aceeași pentru toate tipurile de molecule. Introducând pe (D.10) în (D.9), obținem

$$dF = 0 = -kT\sum_{i=1}^{m} a_i \left(\ln \zeta_i - \frac{\partial \ln N_i!}{\partial N_i} \right) \tag{D.11}$$

Dacă N_i este foarte mare, atunci formula Sterling se reduce la $\ln N_i! = N_i \ln N_i - N_i$ şi astfel obținem $\partial \ln N_i! / \partial N_i = \ln N_i$. Înlocuind în (D.11) se obține

$$dF = 0 = -kT\sum_{i=1}^{m} a_i \left(\ln \zeta_i - \ln N_i \right) = \Delta F_0 + kT\sum_{i=1}^{m} a_i \ln N_i \tag{D.12}$$

unde $\Delta F_0 \equiv -kT\sum_i a_i \ln \zeta_i$ poartă numele de „variația standard de energie liberă în reacție". (Expresia (D.12) arată, de asemenea, că $d^2F > 0$, astfel că $dF = 0$ dă, într-adevăr, minimul global.) Cu câteva prelucrări algebrice asupra lui (D.12) se ajunge la

$$N_1^{a_1} N_2^{a_2} \ldots N_m^{a_m} = \exp\left[\frac{-\Delta F_0}{kT} \right] \equiv K_N(T,V)$$

ceea ce reprezintă chiar Legea Acțiunii Masei, adică ecuația (D.3).

Să vedem acum ce am fi obținut dacă am fi presupus, contrar faptelor, că sistemele aflate în aceeași stare cuantică pot fi deosebite unele de altele. Într-un asemenea caz, funcția de partiție nu ar mai fi fost (D.7), ci (D.6), şi, în consecință, termenul din stânga al ecuației (D.11), cel care implică derivata parțială a lui $\ln N_i!$, ar lipsi. S-ar ajunge astfel nu la ecuația (D.12) şi la Legea Acțiunii Masei (D.3), ci la

$$dF = 0 = -kT\sum_{i=1}^{m} a_i \ln \zeta_i \qquad \text{(D.12)}$$

care, întrucât $\sum_{i=1}^{m} a_i \ln \zeta_i \neq 0$ dă pentru condiția de echilibru

$$T = 0$$

Cu alte cuvinte, nu ar exista echilibru decât la temperatura de zero absolut! Mai mult, pentru nicio altă temperatură nu ar exista niciun fel de relație necesară între numerele de molecule. Dar, pentru că se observă în practică valabilitatea legii acțiunii masei, trebuie să presupunem că sistemele aflate în aceeași stare cuantică nu pot fi deosebite între ele.

Referințe bibliografice

Callan, H.B. 1960. *Thermodynamics.* New York: Wiley.

Fermi, Enrico 1936. *Thermodynamics.* New York: Dover.

— 1966. *Notes on Thermodynamics and Statistics.* Chicago: University of Chicago Press.

Kittel, Charles 1969. *Thermal Physics.* New York: Wiley.

Pippard, A. Brian 1957. *Elements of Classical Thermodynamics.* Cambridge: Cambridge University Press.

Reif, F. 1965. *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics.* New York: McGraw-Hill.

E. Demonstrații ale Teoremelor Eternei Reîntoarceri și ale Teoremei de Nerevenire

În acest paragraf voi demonstra trei Teoreme ale Eternei Reîntoarceri: Teorema de Recurență a lui Poincaré, Teorema de Recurență a Lanțului Markov Finit și, în sfârșit, Teorema de Recurență Cuantică – de fapt, Teorema Aproape Periodicității Cuantice. Voi demonstra apoi Teorema General Relativistă de Nerevenire. Demonstrația pe care o dau Teoremei de Recurență a lui Poincaré pornește de la demonstrația dată de Arnold. Pentru înțelegere, ea necesită cunoștințe de mecanică clasică newtoniană la nivelul textului de mare frumusețe al lui Landau și Lifshitz. Pentru Teorema de Recurență a Lanțului Markov sunt necesare numai cunoștințe elementare de teoria probabilităților, iar demonstrația mea decurge din cea a lui Shiryayev. Teorema de Recurență Cuantică necesită unele cunoștințe elementare de mecanică cuantică nerelativistă. Vă recomand lucrările lui Peebles și Merzbacher. Demonstrația Teoremei Nerevenirii este cea mai solicitantă din punct de vedere matematic și necesită cunoașterea tehnicilor globale de relativitate generală. Cea mai bună introducere în aceste metode se găsește în capitolul 34 al lucrării lui Misner, Thorne și Wheeler. Cea mai cuprinzătoare discuție a acestor metode se află în tratatele lui Hawking și Ellis și în cel al lui Tipler. Penrose a scris un număr de prelegeri care, din punctul de vedere al complexității, se situează între textul lui Misner *et al.* și tratatele amintite mai sus.

1. *Teorema de Recurență a lui Poincaré*

Să începem demonstrarea Teoremei de Recurență a lui Poincaré printr-o scurtă demonstrație a Teoremei Liouville. Fie $d\Gamma = dq_1 \ldots dq_N\, dp_1 \ldots dp_N$, unde N este numărul de coordonate q_i din spațiul configurațiilor, fiecare cu impulsul corespunzător p_i. Ne propunem să demonstrăm că $\int d\Gamma$, integrala fiind efectuată pe o

regiune inițială din spațiul fazelor, nu se modifică în timp. Ideea este să demonstrăm mai întâi că, dacă perechile $q_i\ p_i$ se schimbă printr-o transformare canonică în $Q_j,\ P_j$, volumul în spațiul fazelor este invariant – adică, vom arăta că $\int...\int dq_1...dq_N dp_1...dp_N = \int...\int dQ_1...dQ_N dP_1...dP_N$ – și apoi că evoluția în timp a coordonatelor $q_i(t)$, $p_i(t)$ poate fi privită ca o transformare canonică. Să ne amintim că o „transformare canonică" este o transformare $(q_i, p_i) \rightarrow (Q_i, P_i)$ de coordonate în spațiul fazelor care lasă forma ecuațiilor Hamilton $\dot{p}_i = -\partial H / \partial q_i$ și $\dot{q}_i = -\partial H / \partial p_i$ invariantă; H este hamiltonianul, iar punctul denotă derivata în raport cu timpul.

Pentru orice transformare de coordonate într-o integrală multiplă avem

$$\int...\int dQ_1...dQ_N = \int...\int J dq_1...dq_N$$

unde

$$J \equiv \frac{\partial(Q_1,...,Q_N, P_1,..., P_N)}{\partial(q_1,...q_N, p_1,..., p_N)}$$

este jacobianul transformării. Se poate arăta că jacobianului i se aplică o „regulă de lanț generalizat", astfel încât, „împărțind" numărătorul și numitorul la $\partial(q_1,...,q_N, P_1,..., P_N)$, se obține

$$J \equiv \frac{\partial(Q_1,...,Q_N, P_1,..., P_N)}{\partial(q_1,...q_N, P_1,..., P_N)} : \frac{\partial(q_1,...q_N, p_1,..., p_N)}{\partial(q_1,...q_N, P_1,..., P_N)}$$

În această expresie, P_i se repetă în ambele derivate parțiale din numărătorul jacobianului, iar q_i se repetă în numitorul jacobianului. Când se întâmplă așa, mărimile care se repetă pot fi considerate constante la efectuarea diferențialelor. Astfel, jacobinul poate fi scris

$$J \equiv \left[\frac{\partial(Q_1,...,Q_N)}{\partial(q_1,...q_N)}\right]_{P=const} : \left[\frac{\partial(p_1,..., p_N)}{\partial(P_1,..., P_N)}\right]_{q=const}$$

Numărătorul jacobianului este un determinant care are elementul $\partial Q_i / \partial q_j$ în linia i și coloana j. Numitorul jacobianului

este un determinant care are elementul $\partial p_i / \partial P_j$ în linia i şi coloana j. Dacă funcţia generatoare a transformării canonice este $F(q,P,t)$ de variabilele (q,P), atunci – cu condiţia ca hamiltonianul să fie independent de timp (ceea ce înseamnă că energia se conservă) – se poate arăta că

$$p_i = \frac{\partial F}{\partial q_i}, \qquad Q_i = \frac{\partial F}{\partial P_i}$$

Aceasta înseamnă că, în jacobianul de mai sus, avem $\partial Q_i / \partial q_j = \partial^2 F / \partial q_j \partial P_i$ şi, de asemenea, $\partial p_i / \partial P_j = \partial^2 F / \partial q_i \partial P_j$. Astfel că cei doi determinanţi care alcătuiesc jacobianul J diferă numai prin aceea că, numărul de linie al unuia corespunde numărului de coloană al celuilalt şi, de aceea, sunt egali. Astfel că $J = 1$, ceea ce arată că integrala în spaţiul fazelor este invariantă la transformările canonice.

Valorile variabilelor $q_i(t+\Delta t)$, $p_i(t+\Delta t)$ la momentul $t+\Delta t$ sunt funcţii de aceleaşi variabile la un moment anterior t şi de intervalul temporal Δt:

$$q_i\left(t+\Delta t\right) = q_i\left(q_1(t),...,q_N(t);\ p_1(t),...,p_N(t),\Delta t\right)$$

$$p_i\left(t+\Delta t\right) = p_i\left(q_1(t),...,q_N(t);\ p_1(t),...,p_N(t),\Delta t\right)$$

Variaţia acţiuni S de-a lungul traiectoriei reale în spaţiul configuraţiilor între momentul t şi momentul $t+\Delta t$ este $dS = \sum_{i=1}^{N}\left[p_i\left(t+\Delta t\right)dq_i\left(t+\Delta t\right) - p_i(t)\,dq_i(t)\right]$. Pe de altă parte, dacă energia se conservă pe traiectoria reală (ceea ce, presupune încă o dată că hamiltonianul rămâne nemodificat), diferenţa funcţiei generatoare $G = G\left(q_i, Q_i, t\right)$ a unei transformări canonice este

$$dG = \sum_{i=1}^{N}\left[p_i dq_i - P_i dQ_i\right]$$

Aceasta înseamnă că evoluţia în timp a unui sistem care îşi conservă energia poate fi privită ca o transformare canonică cu funcţia generatoare – S.

Cum transformările canonice lasă volumul din spaţiul fazelor invariant şi cum evoluţia în timp a unui sistem conservativ

poate fi privită ca o transformare canonică, $\int d\Gamma = \text{constant}$. Astfel, teorema Liouville este demonstrată.

Teorema de Recurență a lui Poincaré reprezintă o consecință banală a Teoremei Liouville. Voi da o formulare explicită pentru

TEOREMA DE RECURENȚĂ POINCARÉ: Fie f o reprezentare unu la unu, continuă și care păstrează volumul, de pe o regiune finită și mărginită V din spațiul fazelor, pe ea însăși: $fV = V$. Atunci, în orice vecinătate U a oricărui punct din V există un punct $x \in U$ care se reîntoarce în U; altfel spus, $f^n x \in U$ pentru anumiți $n > 0$.

Demonstrație: Să considerăm o secvență a acțiunii lui f pe vecinătatea U:

$$U, fU, f^2U, ..., f^nU, ...$$

Întrucât f păstrează volumul, toți membrii acestei secvențe au același volum. Dacă ei nu s-ar intersecta niciodată, V ar avea un volum infinit. Astfel, pentru anumiți $i \geq 0$ și $j \geq 0$, $i > j$, trebuie să avem

$$f^iU \cap f^jU \neq \varnothing$$

Aceasta implică $f^{i-j}U \cap U \neq \varnothing$. Fie $f^{i-j}x = y$. Atunci $x \in U$ și $f^{i-j}x \in U$, astfel că se ia $n = i - j$, ceea ce încheie demonstrația.

2. *Teorema de Recurență a Lanțului Markov Finit*

Un *lanț Markov* este un proces pentru care probabilitatea de a ajunge într-o anumită stare depinde de starea actuală. Astfel, probabilitatea de trecere din starea i în starea j este notată p_{ij}. Mulțimea tuturor acestor *probabilități de tranziție* include o matrice $\|p_{ij}\|$ și această matrice definește lanțul Markov. Dacă există numai un număr finit de stări, avem un *lanț Markov finit*. Fie $p_{ij}^{(n)}$ probabilitatea ca lanțul să treacă din starea i în starea j în

n paşi; fie $f_{ij}^{(k)}$ probabilitatea primei sosiri în starea j venind din starea i după k paşi; şi fie $f_{ij}^{(k)}$ probabilitatea primei întoarceri la starea i după k paşi. Este evident, atunci, că

$$p_{ij}^{(k+1)} = \sum_{m} p_{im}^{(k)} p_{mj}^{(l)}$$

care poartă numele de *ecuaţia Chapman-Kolmogorov* şi, de asemenea,

$$p_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^{n} f_{ij}^{(k)} p_{ij}^{(n-k)} \qquad \text{(E.1)}$$

Probabilitatea f_{ii} ca un sistem care pleacă din starea i să revină eventual la aceeaşi stare i este dată de

$$f_{ii} = \sum_{n=1}^{\infty} f_{ii}^{(n)}$$

Se spune că o stare i este *recurentă*, dacă

$$f_{ii} = 1$$

şi *nerecurentă*, dacă

$$f_{n} < 1$$

O stare este numită *neesenţială* dacă din ea se poate ieşi după un număr finit de tranziţii. O stare pentru care acest lucru nu este posibil se numeşte stare *esenţială*. Evident, pe măsură ce numărul de paşi se apropie de infinit, probabilitatea se apropie de 1, astfel încât sistemul intră într-un subset esenţial de stări, astfel că, în cele ce urmează, voi porni (ca şi Nietzsche) de la ideea că sistemul este esenţial.

Dacă o stare este recurentă, atunci *timpul său mediu de reîntoarcere* μ_i din starea i şi înapoi este, evident,

$$\mu_i = \sum_{n=1}^{\infty} n f_{ii}^{(n)}$$

Acest timp mediu de reîntoarcere poate fi finit sau infinit. Dacă este infinit, starea este numită *nulă*, căci în acest caz $\mu_i^{-1} = 0$. Dacă este finit, starea este numită *pozitivă*, căci în acest caz $\mu_i^{-1} > 0$.

Pentru demonstrația Teoremei de Recurență Markov avem nevoie de două leme:

Lema 1: Starea i este recurentă dacă și numai dacă

$$\sum_{n=1}^{\infty} p_{ii}^{(n)} = \infty \tag{E.2}$$

În plus, dacă starea j este recurentă și tranzițiile înainte și înapoi între j și i sunt posibile – le vom nota $i \leftrightarrow j$ – atunci starea i este și ea recurentă.

Demonstrație: Mai întâi vom arăta că recurența implică ecuația (E.2). Din ecuația (E.1) obținem

$$p_{ii}^{(n)} = \sum_{k=1}^{n} f_{ii}^{(k)} p_{ii}^{(n-k)},$$

ceea ce, ținând seama de $p_{ii}^{(0)} = 1$, implică

$$\sum_{n=1}^{\infty} p_{ii}^{(n)} = \sum_{n=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} f_{ii}^{(k)} p_{ii}^{(n-k)} = \sum_{n=1}^{\infty} f_{ii}^{(k)} \sum_{n=k}^{\infty} p_{ii}^{(n-k)}$$

$$= f_{ii} \sum_{n=0}^{\infty} p_{ii}^{(n)} = f_{ii}\left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} p_{ii}^{(n)}\right)$$

Astfel, dacă $\sum_{n=1}^{\infty} p_{ii}^{(n)} < \infty$, am avea $f_{ii} < 1$, ceea ce ar fi o contradicție. De aceea, recurența implică ecuația (E.2). Pentru a demonstra contrariul, să observăm că

$$\sum_{n=1}^{N} p_{ii}^{(n)} = \sum_{n=1}^{N}\sum_{k=1}^{n} f_{ii}^{(k)} p_{ii}^{(n-k)} = \sum_{n=1}^{N} f_{ii}^{(k)} \sum_{n=k}^{N} p_{ii}^{(n-k)} \le \sum_{k=1}^{N} f_{ii}^{(k)} \sum_{m=0}^{N} p_{ii}^{(m)}$$

De aici rezultă că

$$f_{ii} = \sum_{k=1}^{\infty} f_{ii}^{(k)} \ge \sum_{k=1}^{N} f_{ii}^{(k)} \ge \frac{\sum_{n=1}^{N} p_{ii}^{(n)}}{\sum_{m=0}^{N} p_{ii}^{(m)}}$$

Ultimul raport tinde la 1 când $N \to \infty$. Deci, dacă (E.2) este valabilă, atunci $f_{ii} = 1$, ceea ce înseamnă prin definiție că starea este recurentă.

Să demonstrăm acum că, dacă starea j este recurentă și $i \leftrightarrow j$, atunci starea i este și ea recurentă. Faptul că $i \leftrightarrow j$ presupune că $p_{ij}^{(r)} > 0$ și $p_{ij}^{(s)} > 0$ pentru anumiți r, s. Am avea, de asemenea, că

$$p_{ii}^{(n+r+s)} \geq p_{ij}^{(r)} p_{jj}^{(n)} p_{ji}^{(s)},$$

astfel încât $\sum_{n=1}^{\infty} p_{jj}^{n} = \infty$ implică $\sum_{n=1}^{\infty} p_{ii}^{n} = \infty$, ceea ce înseamnă că starea *i* este, de asemenea, recurentă.

Cu ajutorul Lemei 1 putem demonstra

Lema 2: Dacă starea *i* este nerecurentă, atunci

$$\sum_{n=1}^{\infty} p_{ji}^{(n)} < \infty \tag{E.3}$$

pentru orice stare *j* şi, de aceea,

$$p_{ji}^{(n)} \to 0, n \to 0 \tag{E.4}$$

Demonstraţia: Din ecuaţia (E.1), Lema 1 şi din faptul că $f_{ij} = \sum_{k=1}^{\infty} f_{ij}^{(k)} \leq 1$, rezultă

$$\sum_{n=1}^{\infty} p_{ij}^{(n)} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{n} f_{ij}^{(k)} p_{jj}^{(n-k)} = \sum_{k=1}^{\infty} f_{ij}^{(k)} \sum_{n=0}^{\infty} p_{jj}^{(n)}$$

$$= f_{ij} \sum_{n=0}^{\infty} p_{ij}^{(n)} \leq \sum_{n=0}^{\infty} p_{jj}^{(n)} < \infty$$

adică tocmai (E.3), iar (E.3) este valabilă numai în condiţiile în care (E.4) este valabilă. Aceasta completează demonstraţia Lemei 2.

Acum putem demonstra

TEOREMA DE RECURENŢĂ A LANŢULUI MARKOV FINIT: Fie un lanţ Markov finit nedecompozabil (adică, pentru toate stările *i* şi *j* din lanţ, $i \leftrightarrow j$). Atunci toate stările sunt recurente şi, mai mult, probabilitatea f_{ij}^{∞} ca sistemul, pornind din orice stare *i*, să ajungă într-o altă stare *j* de un număr infinit de ori este egală cu 1: $f_{ij}^{\infty} = 1$.

Demonstraţia: Fie spaţiul stărilor al lanţului finit Markov $S = \{1,2,...,s\}$. Matricea tranziţiei $\| p_{ij} \|$ este o *matrice stocastică,* ceea ce înseamnă că elementele sale nu sunt negative, iar suma elementelor dintr-o linie este egală cu 1: $\sum_{j=1}^{s} p_{ij} = 1$. Astfel,

$\sum_{j=1}^{s} p_{ij}^{(n)} = 1$ pentru orice n şi, deci, dacă presupunem că toate stările sunt nerecurente,

$$1 = \lim_{n\to\infty} \sum_{j=1}^{s} p_{ij}^{(n)} = \sum_{j=1}^{s} \lim_{n\to\infty} p_{ij}^{(n)} = 0 \qquad \text{(E.5)}$$

unde ultima limită decurge din Lema 2. Contradicţia arată că nu toate stările pot fi nerecurente. Fie j_0 una dintre stările recurente şi i o altă stare, oarecare. Dacă prin ipoteza $j_0 \leftrightarrow i$, Lema 1 arată că i este recurentă. Atunci toate stările sunt recurente.

Odată ce sistemul se întoarce în starea i, el trebuie, cu probabilitate 1, să se întoarcă din nou în starea i şi asta pentru că pentru un lanţ Markov trecutul este irelevant. Repetând acest argument vom vedea că probabilitatea ca sistemul să se întoarcă în starea i de un număr infinit de ori este egală cu 1: $f_{ij}^{\infty} = 1$. Astfel se încheie demonstraţia teoremei.

De asemenea, se poate demonstra că pentru lanţurile Markov finite şi nedecompozabile, toate stările sunt pozitive, ceea ce înseamnă că intervalul mediu de recurenţă este finit. De fapt, se poate demonstra cu uşurinţă că un lanţ finit Markov admite cel puţin o stare pozitivă, deoarece presupunerea că toate stările sunt nule conduce din nou la contradicţia (E.5). A demonstra că toate stările sunt pozitive necesită ceva mai multe calcule pentru care nu există suficient spaţiu aici; cititorului interesant îi recomandăm lucrarea lui Shiryayev.

Dacă starea i a unui lanţ Markov nedecompozabil este *aperiodică* (ceea ce înseamnă că este posibil să rămână în starea i), atunci se poate arăta că

$$p_{ii}^{(n)} \to \frac{1}{\mu_i}, \qquad n \to \infty$$

şi dacă perioada lanţului Markov este T, atunci

$$p_{ii}^{(nT)} \to \frac{T}{\mu_i}, \qquad n \to \infty$$

Mărimile $p_{ii}^{(n)}$ pot fi calculate cu excepţia Chapman-Kolmogorov, astfel că pentru lanţurile Markov se poate determina intervalul mediu de recurenţă.

Recurența este posibilă în cazul lanțurilor Markov infinite. De exemplu, *o deplasare aleatoare simplă* reprezintă un lanț Markov în spațiul infinit al stărilor $S = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$, în care sistemul este o particulă care la fiecare etapă se deplasează spre dreapta pe o distanță egală cu unitatea, această mișcare având probabilitatea p, și spre stânga pe aceeași distanță, această mișcare având probabilitatea q, astfel încât $p + q = 1$. Probabilitățile de tranziție sunt

$$p_{ij} = \begin{cases} p, & \text{pentru } j = i + 1; \\ q, & \text{pentru } j = i - 1; \\ 0, & \text{în alt caz.} \end{cases}$$

Întrucât pentru fiecare stare i particula se poate întoarce numai după un număr par de ori (spunem că *perioada* este egală cu 2), avem

$$p_{ii}^{(2n)} = \frac{(2n)!}{(n!)^2}(pq)^n \approx \frac{(4pq)^4}{\sqrt{\pi n}}$$

unde pentru ultimul pas se folosește formula Stirling. Astfel, $\sum_{n=1}^{\infty} p_{ii}^{(2n)} = \infty$ dacă $p = q$, căci altfel $\sum_{n=1}^{\infty} p_{ii}^{(2n)} < \infty$, astfel că deplasarea aleatoare simplă este recurentă dacă $p = q = 1/2$ și nerecurentă dacă $p \neq q$. Un calcul rapid arată că dacă $p = q = 1/2$, atunci $f_{ii}^{(2n)} \approx 1/(2\sqrt{\pi} n^{3/2})$, deci $\mu_i = \sum_{n=1}^{\infty} (2n) f_{ii}^{(2n)} = \infty$. Așadar, dacă $p = q = 1/2$, toate stările sunt recurente și, conform discuției de mai sus, recurența este adesea infinită cu probabilitatea 1, dar intervalul mediu de recurență este infinit.

3. *Teorema de Recurență Cuantică*

Îmi propun să demonstrez acum că funcția de undă și valorile așteptate ale tuturor operatorilor mărginiți sunt funcții aproape periodice de timp. Voi începe cu două definiții:

Se spune despre o mulțime S de numere reale că este *relativ densă,* dacă există un număr $L < \infty$ astfel încât orice interval

de pe dreapta reală de lungime L conține cel puțin un număr din mulțimea S.

O *funcție aproape periodică* $f(t)$ este o funcție continuă și mărginită astfel încât pentru orice $\epsilon > 0$ există o mulțime relativ densă $\{T_\epsilon\}$ cu $|f(t+T_\epsilon) - f(t)| < \epsilon$ pentru *orice* moment t și pentru orice T_ϵ din mulțime.

De asemenea, să ne amintim că norma naturală folosită pentru funcțiile de undă ale unui sistem cuantic mărginit este $\| \psi(t) \| \equiv \int |\psi(x,t)|^2 d^3x$. Norma operatorilor $\hat{O}$ este $\| \hat{O} \| \equiv \int |\psi^* \hat{O} \psi|^2 d^3x / \| \psi \|$. Un *operator mărginit* este cel pentru care această normă este mărginită pentru orice ψ permis. Vom exprima hamiltonianul ca $\hat{H}(t) = \hat{H}_0 + \hat{V}(t)$. Putem acum formula

Teorema de Recurență Cuantică: Dacă următoarele patru condiții sunt îndeplinite:

(1) $\hat{H}_0$ este mărginit, autoadjunct, independent de timp și are spectru discret;

(2) potențialul $\hat{V}(t) = \hat{V}(t+T)$ pentru o perioadă T;

(3) $\hat{V}(t)$ este autoadjunct și mărginit; și

(4) ψ are suport compact cu norma $\| \psi(t) \| < \infty$;

atunci norma funcției de undă ψ, ca și valorile așteptate ale tuturor operatorilor mărginiți sunt funcții aproape periodice de timp.

Ideea de la care pornește demonstrația este foarte simplă. „Suport compact" înseamnă că funcția de undă este negativă doar pentru un set finit de coordonate spațiale. Astfel, hamiltonianul $\hat{H}_0$ este determinat să aibă un spectru discret: energia nu variază în mod continuu, ci poate avea numai valori discrete $\{E_1, E_2, ..., E_i, ...\}$. Întrucât hamiltonianul $\hat{H}_0$ este autoadjunct, orice funcție – funcția de undă, în particular – poate fi dezvoltată ca serie de puteri ale funcțiilor sale proprii. Cum aceste funcții proprii au forma $exp(iE_i t/\hbar)$, fiecare funcție proprie este periodică în timp. Faptul că hamiltonianul este mărginit presupune că la măsurarea energiei sistemului nu se poate obține o energie oricât de mare, iar asta înseamnă că setul de energii discrete amintit mai sus este finit.

Astfel că dezvoltarea în serie corespunzătoare funcției de undă are un număr finit de termeni. Orice funcție care poate fi exprimată ca o serie finită de funcții periodice este aproape periodică. Deoarece valorile așteptate ale oricărui operator mărginit pot fi exprimate ca o serie de funcții proprii ale energiei, valorile așteptate vor fi, la rândul lor, aproape periodice.

Vom încerca să facem această demonstrație mai clară (și să ne ocupăm de amănunte tehnice care decurg din dependența de timp a potențialului). Voi porni de la demonstrația făcută de Hogg și Huberman (1983). Alte demonstrații au fost publicate anterior de Bocchieri și Loinger (1957) și de Percival (1961).

Demonstrație: Funcția de undă $\psi(x,t)$ din ecuația Schrödinger dependentă de timp poate fi dezvoltată după setul ortonormal complet de stări proprii $\{u_m(x)\}$ ale lui $\hat{H}_0$, căci $\hat{H}_0$ este autoadjunct. Avem $\psi(x,t) = \sum_{m=1}^{\infty} a_m(t)\, u_m(x)$, cu coeficienți $a_m(t)$ alcătuind un vector $a(t)$ care satisface ecuația $i\hbar\, \dot{a}(t) = \hat{H}(t)\, a(t)$. De asemenea,

$$\| \psi(t+\tau) - \psi(t) \|^2 = |a(t+\tau) - a(t)|^2 \qquad \text{(E.6)}$$

Cum $\hat{H}(t) = \hat{H}(t+T)$, funcția de undă satisface o teoremă Floquet, ceea ce înseamnă că vectorul $a(t)$ are forma

$$a(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k \exp(iE_k t/\hbar)\, \Phi_k(t) \qquad \text{(E.7)}$$

unde $\Phi_k(t+T) = \Phi(t)$ și $\Phi_k^{\dagger}(t)\, \Phi_{k'}(t) = \delta_{kk'}$ pentru orice t. (Să observăm că (E.7) reprezintă dezvoltarea standard a funcției de undă în cazul în care $\hat{H}$ este independent de timp.) Mulțimea $\{E_k\}$ se numește *spectru cuasienergetic.* Scriind $\alpha_k = r_k e^{i\Phi_k}$, r_k și Φ_k fiind reale, ecuația (E.7) duce la

$$|a(t+NT) - a(t)|^2 = 2\sum_{k=1}^{\infty} r_k^2 \left[1 - \cos\frac{E_k NT}{\hbar} \right] \qquad \text{(E.8)}$$

pentru orice N întreg. Condiția (4) ne permite să normăm funcția de undă, astfel încât $\sum_{k=1}^{\infty} r_k^2 = |a(t)|^2 = \|\psi(t)\|^2 = 1$, ceea ce, în

schimb, implică faptul că, dat fiind $\epsilon > 0$, există un întreg n (care depinde de ϵ) astfel încât $\sum_{k=n+1}^{\infty} r_k^2 < \epsilon/8$. Se ajunge astfel la inegalitatea

$$\sum_{k=n+1}^{\infty} r_k^2 \left[1 - \cos\frac{E_k NT}{\hbar}\right] \leq 2\sum_{k=n+1}^{\infty} r_k^2 < \frac{\epsilon}{4} \qquad \text{(E.9)}$$

Să considerăm acum funcția nenegativă

$$f(x) = \sum_{k=1}^{n}\left[1 - \cos(E_k xT/\hbar)\right]$$

Din condiția (3) rezultă că, valorile proprii E_k sunt discrete, astfel încât $f(x)$ este o sumă finită de funcții periodice. Există o teoremă despre aceste sume (vezi Besicovich 1932) care spune că pentru orice δ pozitiv, mulțimea de numere întregi $\{N_\delta\}$ cu proprietatea că $|f(x + N_\delta) - f(x)| < \delta$ este relativ densă. În particular, pentru $\delta = \epsilon/4$ există o mulțime relativ densă de numere întregi $\{N\}$ cu proprietatea că $f(N) < \epsilon/4$ și cum, pentru orice k, $r_k \leq 1$, avem $\sum_{k=1}^{n} r_k^2\left[1 - \cos\left(E_k NT/\hbar\right)\right] < \epsilon/4$. Combinând această inegalitate cu (E.6), (E.8) și (E.9), obținem în final

$$\left\|\psi(t + NT) - \psi(t)\right\|^2 < \epsilon$$

pentru orice moment de timp și pentru o mulțime relativ densă de momente de timp $\{NT\}$. Astfel că funcția de undă este aproape periodică.

Voi schița acum demonstrația afirmației că valoarea așteptată a operatorului hamiltonian $\hat{H}(t)$ este aproape periodică. Aceeași procedură poate fi utilizată pentru a demonstra că valorile separate ale oricui operator mărginit sunt aproape periodice.

Valoarea sperată a hamiltonianului $\hat{H}$ este energia $E(t)$: $\left\langle \psi \middle| \hat{H} \middle| \psi \right\rangle = a^\dagger \hat{H}_0 a + a^\dagger \hat{V} a = E(t)$. În particular, avem

$$a^\dagger \hat{H}_0 a = \sum_{i=1}^{\infty} E_i \left|a_i(t)\right|^2 \qquad \text{(E.10)}$$

E_i fiind o valoare proprie a lui $\hat{H}_0$. Întrucât prin ipoteză $\hat{H}_0$ este un operator mărginit, pentru orice $\epsilon > 0$ putem găsi un număr

întreg N_ϵ independent de t astfel încât $\sum_{i=N_\epsilon+1}^{\infty} E_i |a_i(t)|^2 < \epsilon$. Restul ecuației (E.10) reprezintă o sumă finită de funcții aproape periodice și, din acest motiv, este aproape periodic. Astfel că există o mulțime relativ densă $\{T_\epsilon\}$ încât

$$\sum_{i=1}^{N_\epsilon} |E_i| \left| |a_i(t+T_\epsilon)|^2 - |a_i(t)|^2 \right| < \epsilon/2$$

pentru orice t. În cazul mulțimii $\{N_\epsilon\}$ aceasta implică faptul că $\left|a^\dagger H_0 a(t+T_\epsilon) - a^\dagger H_0 a(t)\right|$ este mai mic decât ϵ pentru orice t, astfel că valoarea sperată a operatorului $\hat{H}_0$ este aproape periodică. Aproape periodicitatea operatorului $\hat{V}(t)$ *se* demonstrează similar. Astfel se încheie demonstrația Teoremei de Recurență Cuantică.

4. *Teorema General Relativistă de Nerevenire*

Voi demonstra acum că nu există două stări ale unui univers închis guvernat de ecuațiile Einstein și caracterizat de forță de atracție gravitațională care să fie identice sau măcar apropiate. Demonstrația pe care o voi da aici este cea pe care am publicat-o cu peste un deceniu în urmă în literatura de specialitate (Tipler 1979 și 1980). O demonstrație alternativă deosebit de frumoasă a fost publicată de Galloway (1984).

Noțiunea de „închis" devine clară dacă privim mulțimea tuturor datelor inițiale ca pe un *spațiu Sobolov* W^S. Dacă spațiu-timpul este unul global hiperbolic, topologia globală a spațiu-timpului (M,g), ne spune teorema lui Geroch, este $S \times R$, unde S este o hipersuprafață spațială. Prin definiție, *universul închis* este acela pentru care S este compactă. Se alege o metrică pozitiv definită e_{ab} pe M și se definește o normă W^S prin ecuația

$$\| K_J^I \| m \equiv \left[\sum_{p=0}^{m} \int_s (| D^p K_J^I |)^2 \, d\sigma \right]^{1/2}, \qquad \text{(E.11)}$$

$$\| h, \chi \| \equiv \| h \| + \| \chi \|,$$

unde $d\sigma$ este elementul de volum din S determinat de e_{ab}, D^p este derivata covariantă generalizată de ordinul p în raport cu metrica de fond aleasă $\overline{g}_{ab}$, $||$ este norma indusă de e_{ab} (se presupune, de obicei, că metrica e_{ab} este uniformă (invariantă) pe direcția R) și K^I_J, h, χ sunt tensori oarecare. Se spune despre doi tensori că sunt „apropiați" dacă normele lor (E.11) sunt asemănătoare.

De asemenea, este necesar să ne asigurăm că celelalte suprafețe, ale căror date inițiale trebuie comparate cu datele inițiale ale suprafeței Cauchy date, nu sunt apropiate de suprafața Cauchy dată. Evident că, dacă o suprafață Cauchy ulterioară este oricât de apropiată de suprafața Cauchy dată, datele ei inițiale ar fi oricât de apropiate. Pentru a înlătura această dificultate vom lua în considerare numai suprafețele aflate *în afara* unei vecinătăți fixate U a suprafeței Cauchy.

Ca să dovedim că datele inițiale nu pot reveni oricât de aproape este necesar să se facă o ipoteză privitoare la evoluția în timp a câmpurilor materiale. Ipoteza clasică este aceea conform căreia problema valorii inițiale este bine formulată: altfel spus, evoluția câmpurilor materiale este cel puțin la nivel local, unică și stabilă. Aceste două condiții sunt condițiile (1) și (2) din teorema de mai jos. Este, de asemenea, necesar să presupunem că între ecuațiile Einstein cuplajul nu este foarte complex. Aceasta reprezintă condiția (3). În cele ce urmează tensorii h, χ sunt reprezentați de metrica tridimensională pe S și, respectiv, de curbura extrinsecă a lui S în raport cu spațiu-timpul înfășurător (M,g).

TEOREMA DE NEREVENIRE: Dacă un spațiu-timp (M,g) care conține o suprafață Cauchy compactă este dezvoltat în mod unic pe baza datelor inițiale ale oricăruia dintre suprafețele sale Cauchy și dacă în plus spațiu-timpul satisface atât condiția de convergență de tip temporal, cât și pe cea generică, atunci spațiu-timpul nu poate fi periodic în timp. Mai mult decât atât, dacă în plus sunt valabile ecuațiile Einstein și dacă în orice vecinătate U a oricărei suprafețe Cauchy de tip spațial S_i câmpurile materiale ψ și derivatele lor de ordinul 1, ψ', satisfac

(1) condiția de unicitate a dezvoltării locale;

(2) condiția de stabilitate a dezvoltării locale;

(3) tensorul tensiunilor este funcție polinomială de câmpuri materiale, derivatele lor de ordinul 1 și de metrica spațiu-timpului;

atunci există un număr $\epsilon_U > 0$ astfel încât

$$\| (h, \chi, \psi, \psi') - (h_i, \chi_i, \psi_i, \psi_i') \|_6 > \epsilon_U$$

pentru datele inițiale ale oricărei suprafețe Cauchy de tip spațial S cu $U \cap S = \varnothing$.

Demonstrație: Să presupunem că, dimpotrivă, spațiu-timpul este periodic în timp. Prin ipoteza unicității dezvoltării, ajungem la concluzia că există o secvență de suprafețe Cauchy

$$S(t_{-n}),..., S(t_0),..., S(t_n)$$

fiecare cu aceleași date inițiale și cu $J^+(S(t_i)) \cap J^-(S(t_{i+1}))$ izometric cu $J^+(S(t_j)) \cap J^-(S(t_{j+1}))$ pentru orice i, j. Astfel că spațiu-timpul poate fi privit ca un spațiu care acoperă un spațiu-timp cu topologia $S \times S^1$, unde S^1 reprezintă cercul. Hawking și Ellis au arătat că există o curbă de tip temporal γ_{ij} de lungime maximă între oricare două suprafețe Cauchy izometrice $S(t_i)$ și $S(t_j)$, iar γ_{ij} va fi ortogonal pe amândouă. Să considerăm secvența de curbe

$$\gamma_{-1,1}, \gamma_{-2,2}, \cdots, \gamma_{-n,n}, \cdots$$

Întrucât $S(t_0)$ este o suprafață Cauchy, fiecare dintre aceste curbe intersectează $S(t_0)$ într-un singur punct. Cum $S(t_0)$ este compactă, secvența posedă o subsecvență care converge spre o geodezică de tip temporal γ. (Curba limită γ va fi de tip temporal pentru că în spațiul $S \times S^1$ putem defini γ prin secvența de vectori normali la $S(t_0)$ – vectorul din punctul final viitor al lui γ_n și tangent în acel punct la γ_n. Această secvență de vectori posedă o subsecvență care converge spre o normală la $S(t_0)$, iar toate subsecvențele convergente converg spre o normală la $S(t_0)$.)

Geodezia γ este completă în trecut și în viitor. Pentru a ne convinge de asta, arătăm mai întâi că lungimile segmentelor de geodezică γ_n trebuie să fie divergente atât pe direcția trecutului, cât și a viitorului, când $n \to \infty$. Căci, întrucât γ_n este segmentul de geodezică de lungime maximă dintre $S(t_{-n})$ și $S(t_n)$ și dacă γ_n

converge spre o lungime finită în oricare direcție – în direcția viitorului, să zicem – atunci am putea construi o curbă cauzală între $S(t_{-n})$ și $S(t_n)$ de lungime mai mare decât γ_n pentru n suficient de mare, după cum urmează. Fiecare geodezică de tip temporal normală la $S(t_0)$ întâlnește toate $S(t_n)$, căci toate acestea sunt suprafețe Cauchy. Se definește o curbă de tip temporal $\alpha_n(p)$ din orice punct p până în $S(t_0)$ prin extinderea geodezicei normale la $S(t_0)$ în p, până când întâlnește $S(t_1)$ în punctul p_1, apoi se efectuează o deplasare pe geodezica normală la $S(t_1)$ în p_1 până când această geodezică întâlnește $S(t_2)$ și așa mai departe până când se ajunge la $S(t_n)$. Întrucât $S(t_0)$ este compactă, lungimea unei geodezice de la $S(t_0)$ la $S(t_1)$ de-a lungul unei geodezice normale la $S(t_0)$ este limitată inferior de un număr L. Astfel, lungimea lui $\alpha_n(p) \geq nL$, deci dacă lungimea lui γ_n nu ar fi divergentă în direcția viitorului pentru $n \to \infty$, atunci am putea să-l înlocuim pe γ_n cu $[\gamma_n \cap J^-(S(t_0))] \cup [\alpha_n(p = \{\gamma_n \cap S(t_0)\})]$ ca să obținem o curbă de lungime mai mare decât γ_n între $S(t_{-n})$ și $S(t_n)$ pentru n suficient de mare. Dar acest lucra este imposibil de vreme ce, prin definiție, γ_n este lungimea maximă pe care o poate avea o curbă între aceste două suprafețe Cauchy. Din continuitatea lungimii de-a lungul segmentelor de geodezică continue arbitrar de apropiate, această divergență, în ambele direcții în timp, a lungimilor segmentelor γ_n implică completitudinea geodezică a lui γ.

Cum γ este complet din punct de vedere geodezic și cum condiția generică și condiția de convergență de tip temporal se mențin, rezultă că γ trebuie să prezinte o pereche de puncte conjugate, să zicem p și q (pentru demonstrația existenței unor astfel de puncte vezi Hawking și Ellis). Hawking și Ellis au demonstrat că localizarea primului punct conjugat variază continuu cu geodezica, astfel că pe γ_n vor exista puncte p_n, q_n care sunt puncte conjugate pe γ_n și care converg spre p, q. Pentru n suficient de mare p_n, q_n se vor afla în $J^+(S(t_{-n})) \cap J^-(S(t_n))$. Dar γ_n este curba cauzală de lungime maximă dintre $S(t_{-n})$ și $S(t_n)$ și, astfel, nu admite puncte conjugate în $J^+(S(t_{-n})) \cap J^-(S(t_n))$, căci Hawking și Ellis au demonstrat că de-a lungul segmentelor maxime de geodezică nu poate exista o pereche de puncte conjugate. Această

contradicție demonstrează inexistența spațiu-timpurilor periodice în timp.

Voi arăta acum că o apropiere arbitrar de mare de o stare inițială anterioară nu este posibilă (decât, desigur, lângă suprafața Cauchy de tip spațial). Dacă nu există un astfel de ϵ pentru un S oarecare căruia îi corespund datele inițiale (h,χ,ψ,ψ'), atunci va exista o secvență de suprafețe Cauchy S_n cu datele inițiale $(h_n,\chi_n,\psi_n,\psi'_n)$, astfel încât $(h_n,\chi_n,\psi_n,\psi'_n)\to(h,\chi,\psi,\psi')$ atunci când $n\to\infty$, $S_n\cap U$ fiind vidă pentru toți n. Putem presupune – fără ca astfel să reducem din caracterul de generalitate al problemei – că, sau $S_n\subset I^+(S)$, sau $S_n\subset I^-(S)$ pentru toți n. Să presupunem că $S_n\subset I^+(S)$. Prin condițiile (l)–(3), teorema de stabilitate Cauchy rămâne valabilă (pentru formularea precisă și demonstrația acestei teoreme, vezi Hawking și Ellis) și aceasta înseamnă că pentru n suficient de mare ($n > n_1$, de exemplu) există o regiune compactă cuadridimensională V astfel încât lungimea minimă în V a tuturor geodezicelor de tip temporal normale la S_n este mai mare decât un număr pozitiv c, independent de n, în cazul în care $n > n_1$. Aceasta implică faptul că putem găsi o secvență infinită de suprafețe Cauchy $\tilde{S}_n$ în $I^+(S)$ astfel încât lungimea minimă de la $\tilde{S}_{n-1}$ până la $\tilde{S}_n$ de-a lungul geodezicei de tip temporal normală la $\tilde{S}_n$ este mai mare decât c și astfel încât datele inițiale pe fiecare $\tilde{S}_n$ sunt oricât de apropiate de datele lui S. (Dacă S_n se apropie de o limită în (M,g), pe care o putem numi $\tilde{S}$, atunci stabilitatea Cauchy atrage după sine necesitatea existenței unei secvențe infinite de astfel de $\tilde{S}$ și această secvență va da ca rezultat $\tilde{S}_n$. Dacă S_n nu se apropie de $\tilde{S}$ în (M,g), atunci va exista o subsecvență alcătuită din S_n, adică $\tilde{S}_n$). Din nou stabilitatea Cauchy face să existe o secvență similară $\tilde{S}_{-n}$ în $\Gamma(S)$. Cu aceste secvențe de suprafețe Cauchy, $\tilde{S}_n$ și $\tilde{S}_{-n}$, putem proceda ca în cazul periodic în timp ca să obținem o contradicție. Aceasta încheie demonstrația Teoremei de Nerevenire.

Arnold, Vladimir Igorevich 1980. *Mathematical Methods of Classical Mechanics.* Berlin: Springer-Verlag.

Besicovich, A. S. *Almost Periodic Functions.* Cambridge: Cambridge University Press.

Bocchieri, P., and A. Loinger, 1957. „Quantum Recurrence Theorem". *Physical Review,* **107**: 337-338.

Galloway, Gregory J. 1984. „Splitting Theorems for Spatially Closed Space-Times". *Communications in Mathematical Physics* **96**: 423-429.

Hawking, Stephen W., and George F. R. Ellis 1973. *The Large Scale Structure of Space-Time.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hogg, T., and B. A. Huberman 1983. „Quantum Dynamics and Nonintegrability". *Physical Review* **A28**: 22-31.

Landau, Lev D. and E. M. Lifshitz 1960. *Mechanics.* Reading: Addison Wesley.

Merzbacher, Eugen 1970. *Quantum Mechanics,* 2nd Edition, New York: Wiley.

Misner, Charles W., Kip S. Thorne, and John A. Wheeler 1973. *Gravitation.* San Francisco: Freeman.

Peebles, P. James E. 1992. *Quantum Mechanics.* Princeton: Princeton University Press.

Penrose, Roger 1972. *Techniques of Differential Topology in Relativity.* Philadelphia: SIAM.

Percival, Ian C. 1961. „Almost Periodicity and the Quantal *H* Theorem". *Journal of Mathematical Physics* **2**: 235-239.

Shiryayev, Albert Nikolaevich 1984. *Probability.* Berlin: Springer-Verlag.

Tipler, Frank J. 1979. „General Relativity, Thermodynamics, and the Poincaré Cycle". *Nature* **280**: 203-205.

— 1980. „General Relativity and the Eternal Return". In *Essays in General Relativity*: A Festschrift for Abraham H. Taub, pp. 21-37. Ed. Frank J. Tipler. New York: Academic Press.

— Forthcoming in 1996. *Global General Relativity.* Oxford: Oxford University Press.

F. Teoria generală a spațiu-timpurilor Punctului Omega

Definiție: Se spune despre un spațiu-timp (M, g) că se termină într-un *punct omega* dacă viitoarea sa frontieră-c constă dintr-un singur punct. Mai mult decât atât, un *spațiu-timp al punctului omega* este un spațiu-timp a cărui frontieră-c viitoare reprezintă un mic punct.

Frontiera-c viitoare, noțiune introdusă de Roger Penrose, este definită ținându-se seama de seturile cronologic trecute $I^-(p)$ ale oricărui punct p. Așa cum ne amintim din anexa B, $I^-(p)$ reprezintă setul tuturor punctelor din spațiu-timp care pot fi atinse pornind din p și urmând o curbă temporală îndreptată spre trecut. Trecutul cronologic $CP \equiv I^-(p)$ al oricărui punct p are trei proprietăți:

(1) CP este deschis;

(2) CP reprezintă un set trecut, ceea ce înseamnă că $I^-(CP) \subset CP$;

(3) CP nu poate fi exprimat ca o reuniune a două subseturi adecvate cu proprietățile (1) și (2).

Un set care prezintă proprietățile (1), (2) și (3) este numit *set trecut nedecompozabil*, pe scurt IP.

Există două tipuri de IP: *IP-uri propriu-zise* (*PIP*), care reprezintă trecuturi ale punctelor din spațiu-timp și *IP-uri terminale* (*TIP*), care nu reprezintă trecuturile niciunui punct din spațiu-timp. Folosind seturile cronologice viitoare $I^+(p)$ se pot defini în mod analog seturi viitoare nedecompozabile (*IF*), ca și PIF și TIF. *Frontiera-c* se definește ca fiind dată de TIP-uri și TIF-uri. Se poate demonstra că [1, pp. 217-221] în spațiu-timpurile global hiperbolice (spațiu-timpuri deterministe; vezi anexa B) niciun TIP nu este TIF și reciproc, dar acesta nu este un adevăr general. Însă, cel puțin în cazul spațiu-timpurilor global hiperbolice, mulțimea tuturor TIP-urilor reprezintă punctele de pe frontiera-c trecută. Voi demonstra în cele ce urmează că, în condiții foarte generale, un TIP reprezintă trecutul cronologic $I^-(\gamma)$

al unei curbe temporale γ care nu are un punct viitor final în spațiu-timp. Același punct pe frontiera-c viitoare este definit de o altă curbă temporală infinită viitoare λ dacă și numai dacă $\Gamma(\gamma) \equiv \Gamma(\lambda)$. Pentru comentarii mai detaliate în legătură cu frontierele-c, vezi [1, pag. 217–221].

Misner și-a construit universul Mixmaster [2] în așa fel încât frontiera-c trecută să constea dintr-un singur punct, deși nici astăzi nu știm dacă există cu adevărat un univers vid Bianchi de tip IX cu o asemenea frontieră-c. Doroshkevich *et al.* [3, 4, 5] au stabilit (folosind o altă terminologie) că, dacă o asemenea soluție vidă există, ponderea ei în datele inițiale ale universului Bianchi de tip IX este foarte mică. Sunt cunoscute soluții vide ale ecuațiilor Einstein care să se termine într-un punct omega [1, pag. 120 și 205; 206, 2077], dar toate sunt plate local.

Voi da trei exemple de universuri Friedmann care sfârșesc în puncte omega. Să ne amintim din anexa B că matricea Friedmann închisă S^3 este

$$ds^2 = -dt^2 + R^2(t)\left[d\chi^2 + \sin^2\chi(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\phi^2)\right] \qquad \text{(F.1)}$$

unde $0 \le \chi \le \pi, 0 \le \theta \le \pi$ și $0 \le \phi \le 2\pi$. În universul Friedmann, toate geodezicele nule sunt radiale, coordonatele fiind date de $ds^2 = 0 = -dt^2 + R^2(t)d\chi^2$, ajungându-se astfel la ecuația Rindler

$$\chi_f - \chi_i = \pm\int_{t_i}^{t_f} \frac{dt}{R(t)} \qquad \text{(F.2)}$$

Întrucât $R(t) > 0$ pentru toate punctele din spațiu-timp, integrala (F.2) este sau convergentă sau divergentă la infinit dacă t_f este egal cu limita superioară minimă a lui $t \equiv t_{max}$. Dacă este convergentă, atunci $\chi_f - \chi_i \to 0$ când $t_i \to t_{max}$, astfel încât fiecare traiectorie temporală normală la suprafețe omogene și izotrope definește un punct distinct de frontieră-c viitoare, iar mai mult, aceste traiectorii definesc un omomorfism pe frontiera-c viitoare: astfel, din punct de vedere topologic, frontiera-c viitoare este aceeași cu topologia de suprafață Cauchy, adică S^3.

Pe de altă parte, dacă integrala (F.2) este divergentă la infinit, aceasta înseamnă că nu există orizonturi de eveniment și,

de aceea, limita constă dintr-un singur punct. Asta înseamnă că universul Friedmann S^3 sfârşeşte într-un punct omega dacă şi numai dacă integrala (F.2) este divergentă.

Exemplul 1: Dacă $R(t)$ = constant, matricea (F.1) reprezintă universul Einstein static. Cum, în acest caz, integrala (F.2) este divergentă pentru că $t_{max} = +\infty$ şi $t_{min} = -\infty$, atât frontiera-c viitoare, cât şi cea trecută reprezintă fiecare un singur punct.

Exemplul 2: Fie $R(t) = \sin t$. În acest caz rezultatul integrării din (F.2) este $\ln\left|\frac{tg(t_f/2)}{tg(t_i/2)}\right|$. Există singularităţi de curbură ale polinoamelor scalare (p.s.) [1] la $t_f = \pi$ şi la $t_i = 0$. (O *singularitate de curbură p.s.* presupune că un polinom scalar [p.s.], construit cu invarianţi scalari ai tensorului Riemann, este divergent pentru acea singularitate.) Integrala (F.2) este divergentă pentru oricare din aceste limite, astfel încât acest exemplu are aceeaşi structură a frontierei-c ca şi universul static Einstein: atât frontiera-c viitoare, cât şi cea trecută reprezintă fiecare un singur punct.

Universul Friedmann din exemplul 2 nu satisface ecuaţiile Einstein pentru niciuna dintre ecuaţiile standard de stare. El se supune totuşi obişnuitelor condiţii privitoare la energie, evidenţiind astfel faptul că, în cazul universului Friedmann închis, nu este necesar să fie încălcate condiţiile energetice pentru ca frontierele-c trecute şi viitoare să constituie nişte puncte.

Aşadar, acest exemplu reprezintă un contraexemplu pentru ipoteza lui Budic şi Sachs conform căreia, pentru ca un model cosmologic să aibă o frontieră-c punctiformă, „... [acesta] ar trebui să «tindă spre [singularitate] atât de încet încât aproape să fie respins» ceea ce ar corespunde «aproape cu o violare» a condiţiei de convergenţă temporală“ [6, pag. 28]. Dar metrica exemplului 2 nu este „aproape de violarea“ condiţiei de convergenţă temporală.

Ca să ne convingem de asta vom calcula tensorul stres-energie pentru metrica din exemplul 2. Densitatea de masă este

$$\rho \equiv T_{\hat{t}\hat{t}} \equiv \frac{1}{8\pi} G_{\hat{t}\hat{t}} = \frac{3}{8\pi}\left(\frac{R'^2+1}{R^2}\right) = \frac{3}{8\pi}\left(\frac{\cos^2 t+1}{\sin^2 t}\right) \quad \frac{3}{8\pi}$$

Presiunea principală este

$$p \equiv T_{\hat{x}\hat{x}} \equiv \frac{1}{8\pi} G_{\hat{x}\hat{x}} = -\left(\frac{1}{8\pi}\right)\left(\frac{2RR'' + R'^2 + 1}{R^2}\right) = \frac{1}{8\pi}\left(1 - 2\mathrm{ctg}^2 t\right)$$

şi este negativă pentru $|\mathrm{ctg}\, t| > \frac{1}{\sqrt{2}}$ – adică în apropierea singularităților – şi $p \to \infty$ când $t \to 0$ sau π. Dar avem

$$\rho + p = \frac{1}{8\pi}\left(\frac{4}{\sin^2 t}\right) > \frac{1}{2\pi}, \qquad \rho + 3p = \frac{6}{8\pi}$$

Cum condiția slabă impusă energiei [1] cere ca $\rho \geq 0$ şi $\rho + p \geq 0$, această condiție este satisfăcută. Cum condiția tare impusă energiei [1] (aici şi condiția de convergență de tip temporal [1]) cere ca $\rho + p \geq 0$ şi $\rho + 3p \geq 0$, şi aceasta este satisfăcută. În plus, cum şi $\rho + p$ şi $\rho + 3p$ se află departe de zero la *orice* moment de timp, condiția de convergență de tip temporal nu este niciodată „aproape încălcată". Condiția impusă energiei dominante [1] cere ca $\rho \geq 0$ şi $-\rho \leq p \leq +\rho$, astfel că respectiva condiție este îndeplinită. În sfârşit, se verifică uşor că şi condiția generică este satisfăcută. Scalarul Ricci este $\mathcal{R} = 6(RR'' + R^2 + 1)/R^2 = 6\sin^{-2} t$, astfel că singurele puncte de pe frontiera-c sunt, într-adevăr, singularități de curbură p.s. la $t = 0$ şi la $t = \pi$; scalarul Ricci este divergent în acele puncte.

Dacă universul Friedmann închis nu este universul Einstein static, atunci pentru ca frontiera-c să fie constituită dintr-un singur punct sunt necesare presiuni negative.

Modelul lui Misner i-a determinat pe Budic şi Sachs [6] să demonstreze unele teoreme generale despre spațiu-timpuri ale căror frontiere-c trecute sau viitoare sunt constituite din câte un singur punct. Teoremele lor pot fi aplicate frontierei-c viitoare sau trecute, deşi ei şi-au formulat teoremele pentru cazul unei frontiere-c trecute alcătuită dintr-un singur punct (asta pentru că se gândeau la modelul lui Misner).

Exemplul 3: În cele două exemple precedente atât frontiera-c trecută, cât şi cea viitoare erau constituite dintr-un singur punct. Dacă universul nostru este un univers Friedmann S^3

dominat de radiație la începuturile sale, atunci, din punct de vedere topologic, frontiera sa c trecută este S^3 (demonstrația pentru topologia S^3 va fi dată în anexa H). Astfel, un model mai realist al structurii frontierei-c a universului nostru ar consta dintr-o frontieră-c S^3 trecută şi o frontieră-c viitoare de tip punct omega.

Un asemenea model poate fi construit după cum urmează. Într-un univers Friedmann dominat de radiație, factorul de scală $R(\tau)$ şi timpul real $t(\tau)$ pot fi exprimați în funcție de timpul conformal ca $R(\tau) = R_{max} \sin\tau$ şi $t(\tau) = R_{max}(1-\cos\tau)$. Acestea implică

$$R(t) = R_{max}\left(\frac{2t}{R_{max}} - \frac{t^2}{R_{max}^2}\right)^{1/2} \qquad \text{(F.3)}$$

Pentru a obține exemplul 3, eu cer ca (F.3) să fie valabilă pentru toate valorile timpului real cu $0 < t \le R_{max}$, în timp ce pentru $R_{max} < t \le 2R_{max}$ avem

$$R(t) = R_{max} \sin\left(\frac{\pi t}{2R_{max}}\right) \qquad \text{(F.4)}$$

Metrica (F.3) şi (F.4) este continuă şi primele sale derivate sunt continue în $t = R_{max}$, momentul maximei expansiuni unde cele două metrici s-au unit. (Acestea reprezintă condițiile standard de joncțiune a două metrici în relativitatea generalizată.)

După cum vom vedea, condiția ca spațiu-timpul să sfârşească într-un punct omega impune constrângeri extrem de puternice asupra spațiu-timpului. Următoarea teoremă se referă la constrângerea principală.

Teoremă (Seifert [8]): un spațiu-timp care sfârşeşte într-un punct omega şi care satisface condiția de cronologie prezintă hipersuprafața Cauchy compactă.

Această teoremă a fost enunțată pentru prima dată de Seifert [8], dar, din păcate, demonstrația dată de el este greşită (în teorema 6.3 din [8], Seifert pretinde că existența unui punct omega atât în direcția trecutului, cât şi a prezentului, este echivalentă cu existența unei suprafețe Cauchy compacte). Budic şi

Sachs [6] au afirmat că existența unui punct omega într-un spațiu-timp care distinge prezentul de trecut [1] implică existența unei suprafețe Cauchy compacte, dar în lucrarea publicată ei nu au dat demonstrația (motivând prin aceea că ar fi ocupat prea mult spațiu). De aceea, voi da o demonstrație a teoremei Seifert pornind de la o ipoteză de cauzalitate ceva mai slabă decât aceea a lui Budic şi Sachs: voi înlocui condiția de discriminare între trecut şi prezent cu condiția de cronologie. (Să ne amintim [1] că despre un spațiu-timp se spune că satisface *condiția de cronologie* dacă nu există curbe închise de tip temporal.) Pasul esențial în a înțelege că propoziția Geroch, Kronheimer şi Penrose (propoziția 6.8.1 din [1]), demonstrată în [1] în ipoteza cauzalității tari şi în [9] în ipoteza discriminării între trecut şi prezent, este corectă dacă spațiu-timpul îndeplineşte condiția de cronologie. Argumentele din demonstrația (vezi pp. 218–219 în [1]) propoziției sunt valabile chiar dacă $p \notin I^{\pm}(p)$ pentru toate punctele p, fapt asigurat de condiția de cronologie. (Acest lucru face ca nicio mulțime din trecut de forma $I^{-}(\gamma)$, unde γ este o curbă de tip temporal inextensibilă în viitor, să nu fie PIP – un fenomen care se poate produce dacă condiția de cronologie este încălcată, după cum vom vedea mai jos.) Eu enunț propoziția astfel

Propoziție (*Geroch, Kronheimer şi Penrose* [9]): Dacă condiția de cronologie este respectată, atunci o mulțime W este TIP dacă şi numai dacă există o curbă γ de tip temporal inextensibilă în viitor, astfel încât $I^{-}(\gamma) = W$.

Demonstrația teoremei Seifert:

Mai întâi voi demonstra două leme.

Lema 1: Dacă frontiera-c viitoare a unui spațiu-timp (M,g), care satisface condiția de cronologie, constă dintr-un punct omega, atunci frontiera $\partial I^{+}(p)$ este o suprafață Cauchy pentru orice punct p din spațiu-timp.

Demonstrație: Să presupunem că nu este aşa. Atunci există o curbă de tip temporal γ infinită în viitor – şi în trecut – care nu interesează niciodată $\partial I^{+}(p)$ şi care, întrucât condiția de

cronologie este valabilă, nu este vidă şi este generată de segmente de geodezică nule dintre care cel puţin câteva intersectează p. Dacă (1) $\gamma \cap I^-(\partial I^+(p)) \neq \varnothing$ sau (2) $\gamma \cap I^-(\partial I^+(p)) = \varnothing$ şi $\gamma \cap I^+(\partial I^+(p)) = \varnothing$, atunci $I^-(\gamma)$ nu intersectează $I^+(p)$, aşa că $I^-(\gamma)$ defineşte un alt punct de frontieră-c decât cel pe care-l defineşte curba de tip temporal infinită în viitor, care în cele din urmă intră în $I^+(p)$. Astfel că există cel puţin două puncte distincte de frontieră-c, ceea ce contrazice ipoteza că există un singur punct de frontieră-c.

Cealaltă posibilitate pe care o eliminăm acum, este $\gamma \cap I^+(p) \neq \varnothing$, dar $\gamma \cap \partial I^+(p) \neq \varnothing$. Întrucât $\gamma \cap I^+(p) \neq \varnothing$, există o curbă de tip temporal β_q de la p până într-un punct *oarecare* $q \in \gamma$. Să considerăm secvenţa de curbe de tip temporal β_{qi} pe măsură ce punctul q se deplasează în trecut de-a lungul lui γ printr-o secvenţă de puncte q_i. Această secvenţă defineşte o subsecvenţă care converge spre o anume curbă cauzală $\hat{\beta}$ din $\overline{I^+(p)}$ (căci $\overline{I^+(p)}$ este închisă). Totuşi, $\hat{\beta}$ trebuie să fie separată, căci, dacă nu ar fi aşa, $\gamma \cup \hat{\beta}$ ar fi o curbă legată, contrar ipotezei că γ este infinită în trecut. Submulţimea conexă a lui $\hat{\beta}$ – o vom numi $\hat{\beta}_P$ – care se sfârşeşte în punctul p este, astfel, infinită în viitor şi, cum $\overline{I^+(\gamma) \cap I^-(\hat{\beta}_P)} = \varnothing$, curbele cauzale γ şi $\hat{\beta}_P$ definesc TIP-uri diferite, contrar ipotezei că nu există decât un singur TIP în (M,g). QED. $I^+(\gamma) \cap I^-(\hat{\beta}_P)$.

Lema 2: Dacă frontiera-c viitoare a lui (M,g) reprezintă un singur punct, iar condiţia de cronologie este îndeplinită, atunci $\partial I^+(p)$ este nevidă şi compactă pentru fiecare eveniment p din spaţiu-timp.

Demonstraţie: Dacă condiţia de cronologie este îndeplinită, atunci $p \in \partial I^+(p)$. Prin remarcile de la p. 188 din [1], $\partial I^+(p)$ este generată de segmente de geodezică nulă care fie nu

prezintă puncte finale, fie prezintă puncte finale în p. Astfel că toate geodezicele nule de la p înspre viitor sunt generatoare de $\partial I^+(p)$. Dacă fiecare generator de geodezică nulă de $\partial I^+(p)$ din p lasă $\partial I^+(p)$ în viitor, atunci $\partial I^+(p)$ este compactă, căci se poate ataşa, pe mulţimi de generatori de geodezică nulă de $\partial I^+(p)$, o parametrizare afină astfel încât lungimea segmentului de geodezică nulă în $\partial I^+(p)$ din p variază în mod continuu cu direcţia nulă în viitor din p, iar mulţimea de direcţii nule în p este compactă (de fapt, este o sferă bidimensională). Astfel că singura modalitate, ca partea din $\partial I^+(p)$ pentru care $\partial I^+(p) \cap \{p\} \neq \varnothing$ să nu fie compactă, ar fi existenţa unei geodezice nule γ din $\partial I^+(p)$ care nu părăseşte niciodată $\partial I^+(p)$.

Dar atunci $I^-(\gamma)$ ar defini un TIP diferit de un TIP generat de orice curbă de tip temporal inextensibilă în viitor care a intersectat γ din $I^-(\gamma)$ în $I^+(\gamma)$. Însă aceasta ar presupune mai mult decât un singur TIP, contrar ipotezei, astfel că acea parte a lui $\partial I^+(p)$ pentru care $\partial I^+(p) \cap \{p\} \neq \varnothing$ este compactă pentru toţi p şi, de asemenea, toţi generatorii de geodezică nulă de $\partial I^+(p)$ din p trebuie ca, în cele din urmă, să părăsească $\partial I^+(p)$.

Eliminăm acum posibilitatea ca $\partial I^+(p)$ să aibă un generator de geodezică nulă β care să nu intersecteze p. Să presupunem că are, şi fie q un punct din β cu o vecinătate normală N. Atunci există o curbă de tip temporal din p spre orice punct din $N \cap I^+(p)$ (care nu este vidă, de vreme ce $\beta \subset I^+(p)$). Să considerăm o secvenţă de puncte q_i din $N \cap I^+(p)$ care converge spre q. Această secvenţă defineşte o secvenţă de curbe β_i de tip temporal din p în q_i. Dacă această secvenţă de curbe de tip temporal ar fi convergentă spre o singură curbă cauzală *legată,* atunci ar trebui să fie o geodezică nulă cu punct final trecut în p – lucru imposibil datorită felului în care este definit β. Cum secvenţa converge local (în orice vecinătate normală convexă), convergenţa

trebuie să fie din punct de vedere global spre cel puțin două (poate chiar mai multe) curbe cauzale nelegate și diferite, cea care se termină în p fiind infinită în viitor. Această curbă infinită în viitor – să o numim $\hat{\beta}$ – definește un TIP diferit de cel puțin un TIP definit prin vreo curbă de tip temporal infinită în viitor în $I^{+\prime}(\beta)$, căci prin construcție $I^{-}(\hat{\beta}) \cap I^{+}(\beta) = \varnothing$. QED.

Continuarea demonstrației teoremei Seifert: Lema 2 arată că $\partial I^{+}(p)$ este nevidă și compactă pentru fiecare eveniment p din spațiu-timp. Lema 1 arată că $\partial I^{+}(p)$ este o suprafață Cauchy, astfel că, împreună, aceste leme implică faptul că $\partial I^{+}(p)$ este o suprafață Cauchy compactă pentru orice punct p. QED.

Inversa Teoremei Seifert este

Teorema F.1: Dacă un spațiu-timp de tip punct omega îndeplinește condiția de cronologie, atunci pentru toate punctele q suficient de apropiate de frontiera-c viitoare, $\partial I^{-}(q)$ este și suprafață Cauchy.

Demonstrație: Din teorema Seifert se știe că spațiu-timpul prezintă o suprafață Cauchy compactă. Întrucât spațiu-timpul prezintă o suprafață Cauchy compactă, teorema Geroch (propoziția 6.6.8 din [1], p.212), toate suprafețele Cauchy din spațiu-timp au aceeași topologie și, mai mult decât atât, spațiu-timpul poate fi exfoliat prin suprafețe Cauchy de tip spațial difeomorfice. Fie $S(t)$ o asemenea exfoliere, unde t crește pe direcția viitorului, și fie $\vec{v}(\vec{x},t)$ câmpul vectorial unitar de tip temporal direcționat spre viitor care este în orice punct normal la $S(t)$. Fie $\lambda(t)$ orice linie de câmp a acestui câmp vectorial. Eu afirm că există t_{λ} astfel încât $\partial I^{-}(\lambda(t_{\lambda}))$ reprezintă o suprafață Cauchy. Să presupunem că nu este așa. În acest caz ar exista o altă linie de câmp $\mu(t)$ a lui $\vec{v}(\vec{x},t)$ care nu intersectează niciodată $\partial I^{-}(\lambda(t))$ pentru orice t. Dar atunci linia de câmp $\mu(t)$ ar defini un alt punct de frontieră-c

viitoare decât cel definit de $\lambda(t)$, ceea ce ar intra în contradicție cu faptul că există un singur punct de frontieră-c. Astfel, pentru orice $\lambda(t)$ din $\vec{\nu}(\vec{x},t)$ există un moment t_λ pentru care $\partial I^-(\lambda(t))$ este o suprafață Cauchy pentru toți $t > t_\lambda$. Cum frunzele exfolierii $S(t)$ sunt compacte, $\sup[t_\lambda] \equiv t_C$ este atins în spațiu-timp. Atunci $\partial I^-(q)$ va fi o suprafață Cauchy cu condiția ca q să fie un eveniment oarecare din viitorul lui $S(t_C)$; altfel spus, $q \in I^+(S(t_C))$. QED.

Știm, astfel, că $\partial I^-(q)$ este o suprafață Cauchy pentru q aflat suficient de aproape de punctul omega, așa că, în principiu, toată informația este disponibilă în q. Această proprietate ne permite să demonstrăm existența, cel puțin suficient de aproape de punctul omega, a unei exfolieri a spațiu-timpului prin suprafețele de curbură medie constantă.

Teorema F.2: Dacă un spațiu-timp neplan de tip punct omega (M,g) care satisface condiția de cronologie satisface și $R_{ab}V^aV^b \geq 0$ pentru orice vector de tip temporal V^a, egalitatea fiind valabilă numai dacă $R_{ab} = 0$, atunci există un punct $p \in M$ astfel încât prin p să treacă o suprafață Cauchy $C^{2,\alpha}$, S, cu o curbură medie constantă, și în plus $I^+(S)$ poate fi exfoliat în mod unic prin suprafețe Cauchy $C^{2,\alpha}$ având curburi medii constante.

Altfel spus, un spațiu-timp de tip punct omega generic cauzal care satisface condiția de convergență de tip temporal prezintă în apropierea punctului omega o exfoliere prin suprafețe Cauchy compacte având curburi medii constante. Cu toate acestea, este posibil ca întregul spațiu-timp să nu prezinte o asemenea exfoliere; exfolierea există cu siguranță numai pentru acea parte a spațiu-timpului care se află suficient de aproape de punctul omega. Semnificația expresiei „suficient de aproape" este clarificată în demonstrația teoremei F.1 de mai sus. (O suprafață Cauchy $C^{2,\alpha}$ [10, p. 52] este o suprafață de clasă C^2, derivatele sale de ordinul 2 prezentând continuitatea Hölder de ordinul α.)

Demonstrație: Bartnik a arătat [11] că, dacă pentru orice punct p din (M,g) mulțimea $M - I^+(p) \cup I^-(p)$ este compactă, atunci există o suprafață Cauchy de tip spațial $C^{2,\alpha}$ cu o curbură medie constantă. Conform lemei 1 de mai sus, $\partial I^+(p)$ este o suprafață Cauchy compactă pentru orice p și, conform teoremei F.1, $\partial I^-(p)$ este o suprafață Cauchy compactă pentru toate punctele p aflate suficient de aproape de punctul omega. Împreună aceste afirmații duc la concluzia că $M - [I^+(p) \cup I^-(p)]$ este compactă pentru p aflat suficient de aproape de punctul omega. (Cum atât $I^+(p)$ cât și $I^-(p)$ sunt deschise, mulțimea $M - [I^+(p) \cup I^-(p)]$ este închisă. În plus, pentru orice exfoliere a lui (M,g) prin hipersuprafețe de tip spațial $S(t)$ vor exista momentele t_1 și t_0, $t_1 > t_0$, astfel încât $\partial I^+(p) \subset I^-(S(t_1))$ și $\partial I^-(p) \subset I^+(S(t_0))$. Prin urmare, mulțimea închisă $M - [I^+(p) \cup I^-(p)]$ este conținută în mulțimea compactă $M - [I^+(S(t_1)) \cup I^-(S(t_0))] = S(t) \times [0,1]$, pentru orice t fixat, și deci este compactă.) Astfel, prin fiecare punct aflat suficient de aproape de punctul omega trece o suprafață Cauchy $C^{2,\alpha}$ de tip spațial având curbură medie constantă. Brill și Flaherty [12] au arătat că orice suprafață Cauchy compactă de curbură medie constantă, pe care curbura medie constantă χ_a^a este nenulă, este unică dacă condiția de convergență de tip temporal este valabilă. După Geroch ([1], p. 274), Marsden și Tipler [13] au demonstrat că în toate spațiu-timpurile neplane cu $R_{ab}V^aV^b \geq 0$, egalitatea producându-se numai dacă $R_{ab} = 0$, suprafețele Cauchy compacte cu $\chi_a^a = 0$ sunt, de asemenea, unice. De aceea, există un punct p în M astfel încât prin p trece o suprafață Cauchy $C^{2,\alpha}$, S, de curbură medie constantă, și în plus $I^+(S)$ poate fi exfoliat în mod unic prin suprafețe Cauchy de curbură medie constantă. QED.

Ipotezele de nonplaneitate și $R_{ab}V^aV^b = 0$, numai dacă $R_{ab} = 0$, au fost necesare doar pentru unicitate. Existența unei exfolieri de suprafață Cauchy compactă cu curbură medie

constantă decurge numai din condiția de convergență de tip temporal și din existența punctului omega. Dacă atât frontiera-c trecută, cât și cea viitoare sunt punctiforme – ca în exemplele 1 și 2 – atunci demonstrația teoremei F.2 arată că întregul spațiu-timp este exfoliat prin suprafețe Cauchy compacte de curbură medie constantă.

Dacă un spațiu-timp de tip punct omega începe cu o „singularitate zdrobitoare", așa cum este singularitatea caracteristică universurilor Friedmann, atunci din nou întregul spațiu-timp este în mod unic exfoliat prin suprafețe Cauchy compacte de curbură medie constantă. O singularitate inițială este [13] „zdrobitoare" dacă trecutul unei hipersuprafețe arbitrare de tip spațial poate fi exfoliat printr-o secvență $S(t)$ de hipersuprafețe de tip spațial netede, ale căror curburi medii $\chi(p)_{S(t)}$ satisfac $\sup_{p\in S(t)} \chi(p)_{S(t)} \to +\infty$ când $S(t)$ se apropie de singularitatea din trecut. Mai clar,

Teorema F.3: Dacă un spațiu-timp (M,g) de tip punct omega

(1) satisface condiția de cronologie;

(2) inegalitatea $R_{ab}V_aV_b \geq 0$ este valabilă pentru toți vectorii de tip temporal V^a, egalitatea fiind valabilă numai dacă $R_{ab} = 0$;

(3) (M,g) pornește într-o singularitate „zdrobitoare";

atunci (M,g) permite o exfoliere unică prin suprafețe Chauchy compacte $C^{2,\alpha}$ de curbură medie constantă.

În plus, timpul York $Y(t) \equiv -\frac{4}{3}\chi$, unde χ este curbura medie constantă, variază de la $-\infty$, în singularitatea inițială, la $+\infty$, în punctul omega.

Demonstrația reprezintă o modificare directă a demonstrației teoremei F.2 pentru detalii (vezi [11] și [13] pentru detalii) și, de aceea, o vom omite. Hipersuprafețele de izotropie și omogenitate dintr-un univers Friedmann reprezintă o secvență $S(t)$ care satisface condiția „crushing". Timpul York [13] este folosit

adesea ca scară de timp în relativitatea generalizată. Într-un univers Friedmann, $\chi \equiv \chi_a^a = 3H(t)$, unde $H(t)$ este parametrul Hubble, iar χ_{ab} este curbura extrinsecă, astfel că $Y(t) = -4H(t)$.

Budic şi Sachs [6] au demonstrat că, dacă volumul $\int\sqrt{-g}d^4x$ al spaţiu-timpului de tip punct omega este finit (aşa cum ar fi în exemplul 2, să zicem), atunci există o altă exfoliere naturală $S_{BS}(t)$ a lui (M,g) prin hipersuprafeţe de tip spaţial şi anume, pentru un t dat, valoarea lui $\int_{I^+(p)}\sqrt{-g}d^4x$ este aceeaşi pentru fiecare punct $p \in S_{BS}(t)$. Budic şi Sachs demonstrează că această exfoliere este C^1, iar o modificare a demonstraţiei teoremei F.2 ne arată că, suficient de aproape de punctul omega, hipersuprafeţele $S_{BS}(t)$ vor fi suprafeţe Chauchy compacte. Atunci se naşte întrebarea: care este relaţia – dacă există vreuna – între aceste două exfolieri naturale de tip spaţial ale lui (M,g)? În exemplul 2 cele două exfolieri sunt identice, dar, în general, nu va fi acesta cazul. De exemplu, dacă (M,g) este spaţiu-timpul din exemplul 2, atunci $M - J^-(p)$ pentru orice punct $p \in M$ reprezintă un spaţiu-timp cu un punct omega care poate fi exfoliat cu suprafaţa Chauchy de curbură medie constantă numai pentru viitorul lui p, în timp ce $S_{BS}(t)$ exfoliază întregul spaţiu-timp (deşi cu suprafeţe Chauchy numai pentru viitorul lui p.)

Budic şi Sachs [6] demonstrează că $\bar{M}$, spaţiu-timpul cu frontieră-c, este de ordinul doi numărabil şi admite metrică de ordinul doi, astfel că anumite constrângeri sunt impuse asupra singularităţii iniţiale de exigenţa ca singularitatea finală să fie un punct omega. Ipoteza mea este că, dacă cerem ca întregul spaţiu-timp să fie exfoliat prin suprafeţe Cauchy de curbură medie constantă care coincid peste tot cu hipersuprafeţele $S_{BS}(t)$, atunci spaţiu-timpul trebuie să fie omogen din punct de vedere spaţial.

Ipoteza curburii Weyl a lui Penrose [14], adică aceea conform căreia timpul este definit astfel încât singularitatea „iniţială" a unui spaţiu-timp fizic este caracterizată prin dispariţia curburii Weyl pe măsura apropierii de singularitatea iniţială (iar singularitatea „finală" este caracterizată prin dominanţa curburii

Weyl în raport cu curbura Ricci), reprezintă o altă propunere pentru realizarea conexiunii între singularitatea inițială și cea finală. Tod [15] a emis ipoteza, iar Newman [16] a demonstrat că (cel puțin pentru cazul $\gamma = \frac{4}{3}$), dacă curbura Weyl se anulează la singularitate (care este „conformal compactificabilă"), atunci spațiu-timpul este peste tot și în mod necesar de tip Friedmann. Wainwright și alții [17–19] au reformulat ipoteza curburii Weyl astfel încât să semnifice că

$$\lim_{t \to 0+} \frac{C_{abcd} C^{abcd}}{R_{ab} R^{ab}} = 0 \qquad \text{(F.5)}$$

la o singularitate „inițială". Goode și alții [19] au arătat că, dacă se impune această ipoteză modificată a curburii Weyl, multe dintre problemele clasice de cosmologie (problema planeității, a orizontului etc.) își găsesc rezolvarea. Cu toate acestea, ei nu oferă motivații solide care să arate *de ce* ar trebui să fie adevărată ipoteza curburii Weyl.

Poate că legând aceste două modalități de abordare de găsirea unei relații între singularitatea inițială și cea finală se poate ajunge la descoperirea acelei motivații solide. În definițiile date de ei „conformal compactibilității" sau singularității „izotropice", Wainwright și alții, ca și Tod, impun existența, în apropierea singularității inițiale, a unei exfolieri a spațiu-timpului prin hipersuprafețe de tip spațial (pentru a defini hipersuprafețele T = constant în limita (F.5) de mai sus), dar ei nu cer ca exfolierea să fie una dintre cele „naturale" discutate mai sus.

Să presupunem că, totuși, cerem ca din punct de vedere global cel de-al Doilea Principiu al Termodinamicii să fie întotdeauna valabil: entropia totală a universului la momentul t_i să fie întotdeauna mai mare decât sau egală cu entropia totală la momentul t_j, când $t_i \geq t_j$. În mod clar, această inegalitate nu poate fi valabilă pentru toate exfolierile, de vreme ce la nivel local putem întotdeauna scădea entropia cu prețul creșterii încă și mai pronunțate a entropiei într-un alt punct din spațiu și ne putem folosi de acest lucru pentru a construi o exfoliere a spațiu-timpului prin hipersuprafețe de tip spațial, în care inegalitatea de mai sus a

entropiilor să fie încălcată măcar pentru scurt timp. Dar este de conceput ca ea *să poată* fi adevărată pentru una (sau ambele) dintre exfolierile naturale descrise mai sus – în cazul în care ipoteza curburii Weyl modificată este valabilă. Dacă inegalitățile entropiilor nu sunt valabile pentru anumite exfolieri naturale, atunci nu am fi obligați să recunoaștem că Al Doilea Principiu al Termodinamicii pur și simplu nu este întotdeauna valabil în mod global (sau este inconsistent cu relativitatea generalizată) – un fapt pe care ne-ar fi extrem de neplăcut să-l recunoaștem.

Ipoteza curburii Weyl modificată ar trebui să fie valabilă din două motive. Mai întâi ca să garanteze că, atunci când se prezintă sub formă de căldură, gradele de libertate pur gravitaționale – undele gravitaționale – nu încalcă ele însele cel de-al Doilea Principiu al Termodinamicii. În al doilea rând, ca să garanteze existența globală a ambelor exfolieri de mai sus: presupun că, dacă singularitatea inițială este „izotropică" în sensul lui Wainwright și alții și „conformal compactificabilă" în sensul lui Tod, atunci exfolierea prin suprafețe Cauchy de curbură medie constantă și exfolierea Budic-Sachs prin suprafețe Cuachy – care trebuie să existe în apropierea unui punct omega – pot fi extinse global la întregul spațiu-timp.

Dacă este așa, atunci ipoteza modificată a curburii Weyl ar fi echivalentă cu cerința valabilității globale a celui de-al Doilea Principiu al Termodinamicii. Și acesta ar fi un motiv cât se poate de solid ca să acceptăm ipoteza curburii Weyl și rezolvarea pe care ea o dă problemelor de cosmologie!

Spațiu-timpuri de tip punct omega care încalcă condiția de cronologie

Chiar dacă spațiu-timpul încalcă condiția de cronologie, ea este utilă pentru definirea, în anumite condiții, a unei frontiere-c. De exemplu, dacă un spațiu-timp încalcă la maximum [20] condiția de cronologie, altfel spus dacă există o curbă închisă de tip temporal (CTC) care leagă fiecare și toate punctele, atunci $I^+(p) \cap I^-(p) = M$ pentru toate punctele p din spațiu-timpul (M,g)

şi, astfel, toate IP-urile şi IF-urile sunt PIP-uri şi, respectiv, PIF-uri. Universul Gödel [1, p. 168] reprezintă cel mai cunoscut exemplu de astfel de spaţiu-timp, dar conform cercetărilor recente asupra călătoriilor în timp [21–23] este necesar să lăsăm deschisă posibilitatea ca CTC-urile – curbe de tip temporal închise să fie omniprezente în universul nostru. Dacă este aşa, atunci nu vor exista orizonturi de eveniment sau de particulă, adică situaţia spaţiu-timpurilor care-operează-distincţia-între-trecut-şi-viitor şi prezintă un unic TIP sau TIF. Astfel, voi extinde definiţia „frontierei-c" la asemenea spaţiu-timpuri, după cum urmează: dacă nu există TIP-uri se va spune că frontiera-c viitoare este constituită dintr-un singur punct, iar dacă nu există TIF-uri se va spune că frontiera-c trecută este constituită dintr-un singur punct. Cu această definiţie extinsă a „frontierei-c", definiţia „punctului omega" dată la începutul acestei anexe poate fi aplicată unor spaţiu-timpuri care violează condiţia de cronologie. Afirmaţiile de până acum pot fi rezumate ca

Lema 3: Dacă un spaţiu-timp (M,g) satisface egalitatea $M = I^+(p) \cap I^-(p)$ pentru toate punctele p, atunci frontiera-c constă dintr-un punct omega.

Mai general,

Lema 4: Dacă un spaţiu-timp care sfârşeşte într-un punct omega încalcă cronologia, atunci mulţimea care încalcă cronologia este sau întregul spaţiu-timp sau este dat de reuniunea (1) subseturilor global hiperbolice cu suprafeţe Cauchy (spaţial) compacte şi (2) seturile de forma $\overline{I^+(p) \cap I^-(p)}$ pentru anumiţi $p \in M$.

Demonstraţie. Dacă $I^+(p) \cap I^-(p) \neq M$, atunci mulţimea care încalcă cronologia este o reuniune disjunctă de mulţimi de forma $I^+(q) \cap I^-(q) \neq \varnothing$ şi, în plus, frontiera fiecărei $I^+(q) \cap I^-(q)$ este nevidă. Aşadar, întregul spaţiu-timp va fi reuniunea acestor mulţimi cu unele regiuni în care condiţia de cronologie este îndeplinită. Dacă acestor regiuni, în care condiţia

de cronologie este satisfăcută, se aplică teorema Seifert, vom vedea că aceste regiuni, privite ca spațiu-timpuri în adevăratul sens, trebuie să fie global hiperbolice cu suprafețe Cauchy compacte. QED.

Ipoteza mea este că, dacă $\partial I^+(p)$ și $\partial I^-(p)$ sunt amândouă nevide, cu $I^+(q) \cap I^-(q) \neq \varnothing$, mulțimile $\overline{I^+(q) \cap I^-(q)}$ vor fi compacte dacă spațiu-timpul sfârșește într-un punct omega.

În particular, dacă scenariul călătoriei în timp este cel dat în [21–23], atunci zonele în care se încalcă condiția de cronologie apar în viitorul suprafețelor Cauchy parțiale (inițial în regiuni compacte.) Într-o astfel de situație se poate dovedi

Teorema F.4: Dacă într-un spațiu-timp (M,g) se realizează una dintre următoarele situații: (1) există un număr finit de regiuni care încalcă cronologia, toate cu închidere compactă, cu suprafețe Cauchy parțiale compacte în trecutul și viitorul acestor regiuni și cu regiunea global hiperbolică „finală", considerată ca spațiu-timp în adevăratul sens și care sfârșește într-un punct omega, sau (2) regiunea care încalcă cronologia cuprinde în ea tot viitorul unei $\partial I^+(p)$ compacte și $I^-(\partial I^+(p))$ este exfoliată prin suprafețe Cauchy parțiale compacte, sau (3) întregul spațiu-timp încalcă condiția de cronologie, atunci întregul spațiu-timp sfârșește într-un punct omega.

Demonstrația este imediată și, de aceea, este omisă. Așadar, Teorema F.4 demonstrează că modelele clasice ale călătoriei în timp permit – în cazul încălcării globale a cronologiei, chiar o impun – existența punctului omega. Cele trei posibilități din Teorema F.4 sunt ilustrate în figura F.1.

Am arătat în altă parte [20] că proprietatea care face ca întregul spațiu-timp să reprezinte o mulțime care încalcă cronologia este o proprietate stabilă: ea se menține când conurile luminoase se lărgesc sau se strâmtează ușor în fiecare punct. (Am folosit noțiunea de stabilitate a spațiu-timpului introdusă de Hawking [1,24] și am aplicat-o la definiția cauzalității stabile.) Astfel, în cazul în care punctul omega apare datorită faptului că întregul spațiu-timp este o unică mulțime ce încalcă cronologia,

existența unui punct omega constituie o proprietate stabilă. Cu toate acestea, deşi este clar că un punct omega s-ar menține prin lărgirea conurilor luminoase, nu este clar că el s-ar menține şi prin strâmtarea acestora.

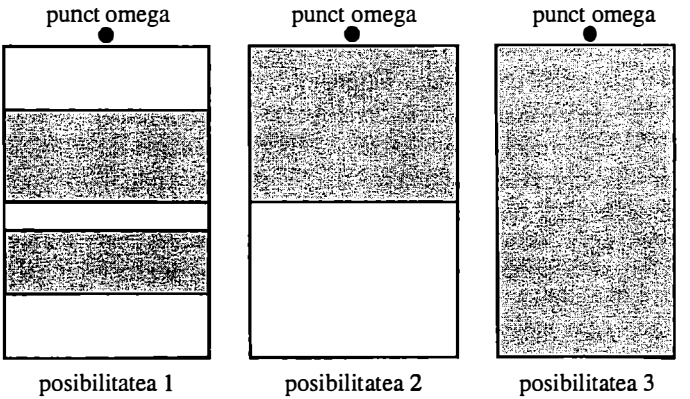


Figura F.1. Trei posibilități de a avea un spațiu-timp de tip punct omega care încalcă condiția de cronologie. Cauzalitatea este încălcată în regiunile întunecate, în timp ce celelalte regiuni sunt global hiperbolice. Prima posibilitate prezintă două regiuni compacte de forma $I^+(p) \cap I^-(p)$, condiția de cronologie fiind încălcată în $I^+(p) \cap I^-(p)$ şi regiunea global hiperbolică aflându-se în viitorul celei de-a doua considerate spațiu-timp cu toate drepturile care decurg de aici şi care sfârşeşte într-un Punct Omega. Toate regiunile global hiperbolice prezintă suprafețe Chauchy parțiale compacte. A doua posibilitate prezintă o singură regiune în care este încălcată cauzalitatea, toată în viitorul unei regiuni global hiperbolice cu suprafețe Chauchy parțiale compacte. A treia posibilitate prezintă $M = I^+(p) \cap I^-(p)$ pentru orice punct pe $p \in M$.

[1] Hawking, Stephen W. and George F. R. Ellis 1973. *The Large Scale Structure of Space-Time.* Cambridge: Cambridge University Press.

[2] Misner, C. W. 1967. *Nature* **214**:40.

[3] E. M. Lifshitz, I. M. Lifshitz, and I. M. Khalatnikov, *Soviet Physics JETP* **32**, 173 (1971).

[4] A. G. Doroshkevich and I. D. Novikov, *Soviet Astronomy AJ* **14**, 763 (1971).

[5] A. G. Doroshkevich, V. N. Lukash, and I. D. Novikov, *Soviet Physics JETP* **33**, 649 (1971).

[6] R. Budic and R. K. Sachs, *General Relativity and Gravitation* **7**, 21 (1976).

[7] F. Löbell, Ber. Verhandl. Sachs Akad. Wiss. Leipzig, *Math. Phys. Kl.* **83**, 167(1931).

[8] H. J. Seifert, *General Relativity and Gravitation* **1**, 247 (1971).

[9] R. P. Geroch, E. H. Kronheimer, and R. Penrose, *Proceedings of the Royal Society of London* **A327**, 545 (1972).

[10] Gilbarg, D., and N. S. Trudinger 1983. *Elliptic Partial Differential Equations of Second Order.* 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag.

[11] Bartnik, R.1988. *Communications in Mathematical Physics* **117**:615. See also Bartnik, R. 1984. *Communications in Mathematical Physics* **94**:155.

[12] D.R. Brill and F. Flaherty, *Communications in Mathematical Physics* **50**, 157 (1976).

[13] J. E. Marsden and F. J. Tipler, *Physics Reports* **66**, 109 (1980).

[14] R. Penrose, in *General Relativity: An Einstein Centenary Survey,* ed. S. W. Hawking and W. Israel (Cambridge University Press, Cambridge, 1979).

[15] K. P. Tod, *Classical and Quantum Gravity* **7**, L13 (1990).

[16] R. P. A. C. Newman, *Twistor Newsletter* **33**, 11 (1991).

[17] S. W. Goode and J. Wainwright, *Classical and Quantum Gravity* **2**, 99 (1985).

[18] S. W. Goode, *Classical and Quantum Gravity* **8**, L1 (1991).

[19] S. W. Goode A. A. Coley, and J. Wainwright, *Classical and Quantum Gravity* **9**, 445 (1992).

[20] F. J. Tipler, *Journal of Mathematical Physics* **18**, 1568 (1977).

[21] Morris, M. S., K. S. Thorne, and U. Yurtsever 1988. *Physical Review Letters* **61**:1446.

[22] Friedman, J., M. S. Morris, I. D. Novikov, F. Echeverria, G. Klinkhammer, K. S. Thorne, and U. Yurtsever 1990, *Physical Review* **D42**: 1915.

[23] Deutsch, David 1991, *Physical Review* **D44**: 3197-217.

[24] Hawking, S. W. 1971. *General Relativity and Gravitation* **1**: 393.

G. Două posibile contraexemple pentru Teza Church-Turing

Teza Church-Turing nu reprezintă o ipoteză referitoare la matematică. De fapt, ea are legătură cu fizica [1]. Ea afirmă că nu se poate construi o maşină capabilă să rezolve o problemă pe care o maşină Turing nu o poate rezolva. Dar problema posibilităţii construirii unei maşini cu anumite proprietăţi este, în ultimă instanţă, o problemă de fizică. Nicio maşină Turing nu poate rezolva Problema Opririi: nu există maşină Turing care să ne poată spune dacă, dată fiind o problemă oarecare, o maşină oarecare se va opri în cele din urmă sau va funcţiona la nesfârşit.

Voi descrie aici două maşini care *ar putea* rezolva problema opririi. În esenţă, ele sunt echivalente cu maşina universală Turing, dar pot realiza un număr infinit de operaţii într-un interval finit de timp – fie el t_0. Astfel, pentru a rezolva Problema Opririi nu trebuie decât să se programeze respectiva maşină Turing implementând problema dată şi să se aştepte un interval t_0. Dacă maşina virtuală nu ajunge la nicio soluţie după expirarea acestui interval de timp, atunci e clar că nu se va opri – pentru că nu a făcut-o niciodată.

Am spus că maşinile *ar putea* rezolva Problema Opririi pentru că nu am de gând să dau o demonstraţie riguroasă a faptului că vreuna dintre maşinile pe care le descriu va funcţiona cu adevărat; voi prezenta numai un argument în sprijinul posibilităţii funcţionării lor. Eu nu fac decât să *emit* că golurile din argumentaţia mea pot fi umplute. Dacă nu este aşa, atunci eşecul ipotezei mele va oferi o dovadă în plus în sprijinul Tezei Church-Turing.

Primul model reprezintă un computer programat pentru jocul de biliard [2] ca cel descris în capitolul 2, dar modificat. Esenţial în legătură cu această maşină este faptul că orice calcul este echivalent cu mişcarea cu viteză constantă a unor mingi şi ciocnirile pe care le suferă, conform mecanicii newtoniene clasice, atunci când întâlnesc pereţi rigizi, corespunzător dispuşi, sau alte mingi. Computerul care joacă biliard este o maşină universală.

Cu cât se deplasează mai repede – deci cu cât este mai mare presupusa viteză inițială – cu atât mai repede va fi efectuat calculul dat. Este posibil ca viteza de deplasare a bilelor să crească nelimitat în așa fel încât, într-un interval finit de timp, să se poată produce un număr infinit de ciocniri?

Se știe că există sisteme fizice newtoniene care realizează un număr infinit de operații într-un timp finit. De exemplu, să considerăm patru particule punctiforme care se deplasează pe o traiectorie rectilinie sub acțiunea forțelor de atracție gravitațională reciprocă, presupuse a fi de forma specifică legii newtoniene $\vec{F}_{ij} = GM_iM_j(\vec{r}_i - \vec{r}_j)/|\vec{r}_i - \vec{r}_j|^3$. Se presupune că ciocnirile binare sunt elastice. Mather și McGhee [3] au demonstrat că masele și datele inițiale ale celor patru particule pot fi alese astfel încât particulele 3 și 4 să se apropie oricât de mult pe măsură ce $t \to t_0$, în timp ce particula 2 se deplasează înainte-înapoi între particulele 1 și 3, rezultatul fiind că, pe măsură ce $t \to t_0$, particulele 3 și 4 tind spre $+\infty$, particula 1 spre $-\infty$, iar particula 2 se deplasează înainte-înapoi între 1 și 3 de un număr infinit de ori.

În cadrul modelului Mather și McGhee, din particulele 3 și 4 se extrage o cantitate infinită de energie – acest lucru este posibil pentru că particulele sunt puncte materiale asupra cărora acționează gravitația, iar energia potențială gravitațională este $-GM_3M_4/|\vec{r}_i - \vec{r}_j|$ și tinde la $-\infty$ când $|\vec{r}_i - \vec{r}_j| \to 0$. Extragerea acestei energii infinite face posibilă imprimarea vitezelor infinite într-un interval finit de timp.

Gerner [5] a publicat un argument în sprijinul plauzibilității ideii că, pornind de la un sistem de cinci puncte materiale coplanare care se deplasează pe o traiectorie triunghiulară, este posibil ca toate să fie făcute să se deplaseze la infinit într-un interval finit de timp, una dintre ele trecând prin apropierea celorlalte patru de un număr infinit de ori (fără însă, să se ciocnească vreodată cu ele). Saari [6] a arătat că setul condițiilor inițiale, care ar permite această comportare, are măsura zero în cazul a patru particule coplanare, căci ele trebuie ca, în limita $t \to t_0$, să se apropie de o traiectorie liniară. Nu se știe încă dacă

afirmația este valabilă pentru sisteme cu mai mult de patru particule.

Aceste exemple vor să arate că mecanica newtoniană permite – lucru demonstrabil – existența unei surse de energie care deplasează puncte materiale cu viteze infinite în intervale de timp finite. Se poate realiza un aranjament care, cuplând aceste puncte materiale cu bilele de biliard, finite ca dimensiuni, din computerul care joacă biliard, determină bilele să efectueze un număr infinit de pași de calcul într-un timp finit. Dacă rezultatul este obținut înainte de t_0, atunci mașina se oprește, dar dacă nu se obține niciun rezultat, atunci mașina nu se oprește niciodată.

Unul dintre motivele care fac ca argumentul de mai sus să fie unul „de plauzibilitate" și nu unul riguros este faptul că am presupus că este posibil să se stabilească dacă mașina s-a oprit sau nu după ce a efectuat numărul său infinit de pași. Altfel spus, am presupus că există o mică stare a sistemului după t_0 astfel încât să putem stabili dacă după t_0 mașina oferă sau nu vreun răspuns. Regula relativității generale constă în caracterul unic al extensiei de după finalul hiperbolocității globale (extensia spațiului Taub în spațiul NUT reprezintă marea excepție de la această regulă [6]), dar nu există niciun fel de teoreme de extensie pentru spațiu-timpurile newtoniene.

A doua mașină care ar putea rezolva Problema Opririi este un spațiu-timp de tip punct omega cu călătorie în timp, așa cum am arătat în anexa F. Între momentul actual și punctul omega se realizează un număr infinit de calcule. Pentru spațiu-timp global hiperbolic mecanismul este descris în anexa H: este vorba, în linii generale, despre un analog general relativist al extragerii unei energii infinite prin micșorarea până la zero a distanței dintre două particule materiale. În Teoria Punctului Omega, distanța care tinde la zero este raza universului.

Într-un spațiu-timp determinist rezultatul calculelor infinite se găsește la sfârșitul timpului: în punctul omega. Totuși, prin intermediul călătoriei în timp rezultatul poate fi trimis înapoi. Altfel spus, dacă computerul este realizat astfel încât răspunsul – dacă este obținut – să fie trimis înapoi în timp, într-o perioadă cuprinsă între $t = 0$ și $t = t_0$, atunci știm că, dacă până la t_0 nu

obținem din viitor niciun răspuns, mașina Turing echivalentă nu se va opri niciodată. Desigur, numai un număr finit de biți poate fi trimis înapoi în timp [7], dar acesta nu constituie un obstacol în calea soluției Problemei Opririi: este suficient ca simplul mesaj „Răspuns primit și mașina oprită" să fie trimis înapoi.

Referințe bibliografice

[1] Chaitlin, Gregory J. 1982. „Gödel's Theorem and Information". *International Journal of Theoretical Physics* **21**: 941-54.

[2] Fredkin, Edward and Tommaso Toffoli 1982. „Conservative Logic". *International Journal of Theoretical Physics* **21**: 219-53.

[3] Mather, J. N. and R. McGhee 1975, „Solutions of the Collinear Four-Body Problem Which Become Unbounded in Finite Time". In *Dynamical Systems, Theory and Applications,* by J. Moser (New York: Springer-Verlag), p. 573.

[4] Gerver, Joseph L. 1984. „A Possible Model for a Singularity Without Collisions in the Five Body Problem". *Journal of Differential Equations* **52**: 76-90.

[5] Saari, Donald 1977. „A Global Existence Theorem for the Four-Body Problem of Newtonian Mechanics." *Journal of Differential Equations* **26**: 80-111.

[6] Hawking, S. W. and G. F. R. Ellis 1973. *The Large Scale Structure of Space-Time,* Cambridge: Cambridge University Press.

[7] Deutsch, David 1991. „Quantum Mechanics Near Closed Timelike Lines". *Physical Review* **D44**: 3197-217.

H. Universul clasic de tip Punct Omega: detalii matematice

Într-un sistem determinist de ecuații, cum sunt acelea din relativitatea generalizată sau din mecanica newtoniană, „condițiile inițiale" pot fi impuse la orice moment din trecut, prezent sau viitor. Deşi noi, oamenii, suntem înclinați să gândim că trecutul determină viitorul, este la fel de corect să gândim că viitorul determină trecutul. În mod similar, în mecanica cerească se poate adopta un sistem de coordonate heliocentric sau geocentric. Aplicând mecanica newtoniană sau relativitatea generalizată în oricare dintre aceste sisteme de coordonate se pot calcula pozițiile corecte ale planetelor.

Însă adoptarea sistemului de coordonate geocentric – deşi permisă – complică teribil calculele matematice aferente. Ar fi cu neputință de văzut că dinamica aflată la baza problemei este foarte simplă: nu este vorba decât de puncte materiale guvernate de legea newtoniană de tip $1/r^2$. Şi istoria arată că dinamica respectivă nu a fost înțeleasă până când Copernic nu a schimbat sistemul de referință al Pământului cu cel al Soarelui.

Voi arăta în această anexă că multe rezultate ale observațiilor cosmologice încetează să mai constituie mistere de îndată ce impunem condițiile la limită în viitor şi nu în trecut. Am arătat în anexa B că viitorul cuprinde cu mult mai mult timp decât trecutul, astfel că este verosimil ca fizica să devină mai clară dacă transferăm sistemul nostru de referință din trecut în viitor, dacă ne mutăm unghiul de vedere dintr-o minusculă regiune din spațiu-timp în cea mai vastă regiune cu putință. Copernic însuşi arăta în cartea sa *On the Revolutions* (Cartea I, capitolele 5, 6 şi 10) că nu putem înțelege Sistemul Solar decât dacă sistemul de referință al mecanicii cereşti, în loc să fie identificat cu micuțul Pământ, este asociat celor mai mari corpuri vizibile, Soarele şi stelele fixe.

În această carte am adus argumente în sprijinul afirmației că condiția la limită care trebuie impusă viitorului clasic este pur şi simplu „viața va continua să existe la nesfârşit"; altfel spus, legile fizicii trebuie să fie astfel încât să permită

biosferei să existe veşnic, adică un timp subiectiv infinit. În această anexă voi arăta că această condiție la limită prezice că (1) universul trebuie să fie închis, cu $0 < \Omega_0 - 1 < 10^{-6}$ şi $H_0 \leq 45$ km/s-mpc, unde Ω_0 este parametrul densitate, iar H_0 este constanta Hubble; (2) frontiera-c viitoare a universului trebuie să fie un punct omega şi (3) masa bozonului în modelul standard Higgs trebuie să fie 220 ± 20GeV, iar masa quarkului top trebuie să fie 185 ± 20GeV.

Voi demonstra în această anexă şi faptul că (4) contrastul de densitate $\Delta p/p$ trebuie să prezinte spectrul de putere Harrison-Zel'dovich invariant de scală, cu o amplitudine suficient de mică pentru ca fluctuațiile de temperatură $\Delta T/T$ ale radiației cosmice de fond să fie mai mici decât 6×10^{-5}. În plus, voi demonstra că $\Delta T/T$ trebuie să fie proporțional cu $R(t_R) / R_{acum}$, raportul dintre factorul de scală la recombinare şi factorul de scală al momentului. În alte teorii, faptul observat că $\Delta T/T$ este egal cu $R(t_R) / R_{acum}$ în limita a câteva ordine de mărime nu reprezintă decât o coincidență, căci amplitudinea invariantă a raportului $\Delta p/p$ este sau un parametru arbitrar, sau este stabilit de parametri care țin de fizica particulei, deci nu cosmologici. De fapt, el este stabilit de eternitatea vieții.

Întrucât „viața" – indiferent de forma ei sau de procesele fizice detaliate pe care le implică – este, în cele din urmă, o modalitate de procesare a informației, am afirmat în capitolul 4 că există trei condiții necesare şi suficiente pentru ca „viața" să continue la nesfârşit. Iată aceste condiții exprimate în formă matematică:

I. procesarea informației – rularea programelor – continuă de-a lungul a cel puțin o curbă temporală infinită γ pe drumul către frontiera-c viitoare a universului;

II. cantitatea de informație procesată în $J^-(\gamma) \cap J^+(p)$ este infinită, unde $p \subset \gamma$ este evenimentul {Pământul în prezent};

III. cantitatea de informație stocată în $J^-(\gamma) \cap J^+(p) \cap S(t)$, $S(t)$ fiind un fel de exfoliere a universului prin hipersuprafețe spațiale, diverge la infinit pe măsură ce frunzele exfolierii se apropie de frontiera-c viitoare.

Definiții precise ale „frontierei-c", mulțimii cauzale trecute $J^-(\gamma) \equiv$ {mulțimea tuturor evenimentelor care pot trimite semnale către γ} și mulțimii cauzale viitoare $J^+(p) \equiv$ {mulțimea tuturor evenimentelor către care p poate trimite semnale} se găsesc în lucrarea lui Hawking și Ellis [1] și au fost discutate pe scurt în anexa B. Frontiera-c viitoare – sfârșitul timpului – a fost definită în capitolul 4 și în anexa F.

Condiția I nu face decât să stabilească, într-o terminologie precisă, că viața – procesarea informației – va continua până la sfârșitul timpului. Condiția II spune că această perioadă este realmente infinită în ceea ce privește timpul subiectiv t_{sub}, măsurat prin numărul de „gânduri" ale oamenilor (fiecare „gând" necesită, pentru a fi procesat, cel puțin un bit de informație). Fără această condiție în infinitate nu ar avea niciun sens să spunem că viața continuă „veșnic". Condiția II mai spune și că un bit de informație procesat reprezintă un „gând" potențial numai dacă poate fi comunicat observatorului γ. Biosfera integrată sau personalitatea nu sunt posibile în absența schimbului de informație între părțile componente ale biosferei sau creierului care codifică personalitatea. În momentul actual Pământul este ales astfel încât să anuleze timpul subiectiv t_{sub}. Pentru aceasta este necesară o biosferă, indiferent care. Astfel că „Pământul la momentul de față" poate fi înlocuit cu „o planetă locuită, la momentul de față".

Condiția III este impusă în scopul eliminării Problemei Eternei Reîntoarceri, discutată în detaliu în capitolul 3. Am demonstrat în capitolul 2 că o mașină cu stări finite rulată un timp infinit va ajunge într-o submulțime a spațiului stărilor sale în care va repeta de un număr infinit de ori fiecare stare din submulțimea respectivă. Dar a trăi „veșnic" înseamnă a avea o infinitate de noi experiențe. Condiția III face din viața ca întreg o mașină cu stări potențial infinite, pentru care aceste eterne reîntoarceri nu sunt inevitabile. „Potențial infinit" („infinit" în terminologia specifică teoriei complexității) semnifică faptul că, la orice moment dat de timp universal, informația stocată accesibilă cauzal nu prezintă nicio limitare superioară pe măsură ce timpul se apropie de final. Curbura medie constantă a exfolierii – care există [2] și este unică [3] în spațiu-timpuri generice rezonabile din punct de vedere fizic (și care în universurile Friedmann-Robertson-Walker (FRW)

coincide cu sistemul de referință de repaus al radiației de fond [4]) – reprezintă modul standard de definire a timpului absolut în cosmologia general relativistă clasică şi, astfel, constituie o înfrunzire spațială acceptabilă. Însă Condiția III nu arată că există o înfrunzire spațială pe care diverge informația stocată; ea nu impune divergența pe o anume înfrunzire. O înfrunzire spațială există în condițiile în care cauzalitatea stabilă [1] rămâne valabilă. Dar, aşa cum am arătat în anexa F, dacă spațiu-timpul sfârşeşte într-un Punct Omega, atunci el este exfoliat prin suprafețe Cauchy compacte de curbură medie constantă, cel puțin suficient de aproape de singularitatea finală. În plus, dacă, pe lângă faptul că sfârşeşte într-un Punct Omega, spațiu-timpul porneşte dintr-o singularitate de tip Friedmann, atunci întregul spațiu-timp este exfoliat prin suprafețe Cuachy compacte de curbură medie constantă.

În modelele lui Dirac şi Dyson, universul era presupus deschis sau neted. Dyson a arătat [5] că asemenea universuri dispun de suficientă energie pentru a satisface Condițiile I şi II, dar am arătat [6] că în universurile netede nu există suficientă energie pentru a putea transmite un semnal dintr-un capăt al biosferei în celălalt de un număr infinit de ori, iar în universurile deschise, expansiunea din perioada târzie ar fi atât de rapidă încât nu ar permite formarea unor structuri de dimensiuni mai mari (astfel de structuri trebuie să stocheze o cantitate de informație care creşte la nesfârşit). Astfel că în ambele situații Condiția III este violată. Linde [7] sugerează că viața ar putea continua veşnic într-un univers aflat într-o permanentă şi haotică expansiune, trecând dintr-o regiune în care expansiunea se stinge, într-una nou formată şi asta *ad infinitum.* Cu toate acestea, am arătat [8] că, de vreme ce domeniile nou formate au o scală caracteristică determinată de masa de expansiune, limita Bekenstein stabileşte că informația care poate fi codificată în biosfera cu conexiune cauzală este finită şi, astfel, Condiția III este din nou încălcată.

Să vedem mai în detaliu de ce nu poate exista viață veşnică într-un univers aflat într-o permanentă expansiune. Linde arată [7, 9–11] că, dacă constanta cosmologică este mai mică decât o anumită valoare pozitivă foarte mică, perturbațiile densității datorate câmpului inflaționist vor face ca domeniul nostru să se

comporte în viitorul îndepărtat ca un univers FRW S^3, densitatea medie curentă μ_0 fiind mai mare decât densitatea critică, iar factorul de scală curent având dimensiunea $l^* \sim \exp[2\pi M_P / m] \cdot \exp[2\pi 10^6]$ cm, unde M_P este masa Planck, potențialul efectiv al câmpului inflaționist este $V(\Phi) = \frac{1}{2} m^2 \Phi^2$, iar valoarea lui m este aleasă astfel încât amplitudinea perturbațiilor densității să fie de aproximativ 10^{-4}, așa cum se constată experimental. (Dacă constanta cosmologică este mai mare decât valoarea Linde, atunci domeniul nostru se va comporta în viitorul îndepărtat ca un spațiu de Sitter, cu inflație exponențială, iar calculele noastre duc la același rezultat [9,12], anume că procesarea informației – viața – ar deveni imposibilă într-un astfel de mediu.)

Linde arată însă [7, 9–11] că, pe distanța l^*, vor exista numeroase domenii inflaționiste și fiecare dintre ele va deveni un univers asemenea universului nostru, dar fiecare va fi legat de universul nostru printr-o gaură de vierme. El sugerează că viața poate continua la nesfârșit dacă se transferă în mod repetat dintr-o regiune pe cale de a se stinge într-una nou formată, și asta *ad infinitum*. El arată că este, într-adevăr, fizic posibil să se transmită un semnal dintr-un domeniu mamă într-un domeniu fiică (cu condiția ca constanta cosmologică să nu fie prea mare) și, astfel, Condițiile I și II sunt valabile. Linde însuși menționează posibilitatea (comunicare particulară) ca, în momentul sosirii semnalului, universul-fiică să fie mai vârstnic decât era universul-mamă în momentul în care a fost transmis semnalul și, astfel, condițiile de viață pot fi mai proaste la nivelul receptorului decât la nivelul emițătorului.

O problemă și mai importantă ține de faptul că prin limita Bekenstein (C.1) se stabilește cantitatea maximă de informație care poate fi transmisă de la domeniul-mamă la domeniul-fiică și, de aceea, Condiția III nu poate fi îndeplinită; descendenții noștri trebuie să moară sau să devină prizonierii eternei reîntoarceri.

Pentru a dovedi aceasta, voi urma calea lui Linde și voi aproxima domeniul a cărui densitate medie depășește densitatea critică prin metrica unui univers FRW S^3. Să ne amintim, din anexa B, că metrica unui univers FRW S^3 este de tipul $ds^2 = -dt^2 + R^2(t)\,[d\chi^2 + \sin^2\chi\,(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\phi^2)] = R^2(t)\,[-d\tau^2 + d\chi^2 +$

$+ \sin^2\chi\,(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\phi^2)]$, unde t şi τ reprezintă timpul real şi, respectiv, cel conformal corespunzătoare liniilor de univers normale la suprafeţele de omogenitate şi izotropie, iar $\theta \le \chi \le \pi$ reprezintă coordonata radială. Evoluţia în timp a factorului de scală $R(t)$ este guvernată de ecuaţia Friedmann $G_{ii} = 8\pi G T_{ii} = 3[(R'/R)^2 + R^{-2}] = 8\pi G\rho$, unde ' denotă derivata în raport cu timpul real, iar ρ este densitatea masică. Dacă ecuaţia de stare este $p = (\gamma - 1)\,\rho$ cu $\gamma < 2/3$, atunci ecuaţia de conservare $(\nabla T)_i = 0$ implică $\rho \propto a^{-3\gamma}$, în care caz ecuaţia Friedmann devine $(R'/R)^2 = MR^{-3\gamma} - R^{-2}$, M fiind o constantă.

Această ecuaţie poate fi integrată luând $\gamma \equiv R^{(3\gamma-2)/2}$ şi trecând la timpul conformal. (Îi sunt recunoscător profesorului J.D. Barrow pentru că mi-a atras atenţia asupra acestei transformări.) În acest caz ecuaţia Friedmann devine $(d\gamma/d\tau)^2 + \left([3\gamma-2]/2\right)^2\gamma^2 = M\left([3\gamma-2]/2\right)^2$. Aceasta este chiar ecuaţia energiei unui oscilator armonic simplu, astfel că γ satisface ecuaţia $\ddot{\gamma} + \left([3\gamma-2]/2\right)^2\gamma = 0$, unde punctul denotă derivata în raport cu timpul. Atunci, $R(\tau) = R_{max}[\sin(\{[3\gamma-2]/2\}\tau)]^{2/(3\gamma-2)}$ şi

$$t(\tau) = R_{max}\int_0^{\tau} \sin^{2/(3\gamma-2)}\left[\left(\frac{3\gamma-2}{2}\right)x\right]dx \qquad \text{(H.1)}$$

unde R_{max} reprezintă valoarea factorului de scală corespunzător expansiunii maxime. Timpul total de viaţă al universului, $\tau_{viaţă}$, exprimat în timp conformal, reprezintă timpul conformal scurs între două zerouri ale lui γ sau R; cu alte cuvinte

$$\tau_{viaţă} = 2\pi / (3\gamma - 2) \qquad \text{(H.2)}$$

independent de R_{max}. Timpul total de viaţă al universului exprimat în timp real se obţine alegând $\tau_{viaţă}$ ca limită superioară pentru integrala (H.1). Se ajunge la

$$t_{viaţă} = R_{max}\frac{2\sqrt{\pi}\,\Gamma\left(\frac{3\gamma}{2(3\gamma-2)}\right)}{(3\gamma-2)\,\Gamma\left(\frac{3\gamma-1}{3\gamma-2}\right)} \qquad \text{(H.3)}$$

unde Γ este funcţia gamma. Pentru universurile dominate de materie, $(\gamma = 1)$, $t_{viaţă} = \pi R_{max} = 4M/3M_P^2$, unde $M \equiv 2\pi^2 R_0^3\rho_0$ este

„masa" totală a universului, de vreme ce $R_{max} = 8\pi\rho_0 R_0^3 / 3M_P^2$. Pentru universurile dominate de radiație, (γ = 4/3), $t_{viață} = 2R_{max}$. Acestea sunt rezultatele obișnuite. Am obținut $\tau_{viață}$ și $t_{viață}$ pentru toate valorile γ, pentru că un univers mai apropiat de realitate ar fi mai bine aproximat printr-un model în care γ variază între 1, în cazul temperaturilor joase, și 4/3, în cazul celor ridicate.

Atunci când li se adaugă limita Bekenstein, aceste rezultate arată că toată informația care ar putea vreodată să fie codificată în vreun domeniu se află sub limita universală, deci eterna reîntoarcere aparține, în mod inevitabil, unei cosmologii a expansiunii haotice eterne. Căci, din limita Bekenstein (C.1), avem $I_{acum} \leq 3\times 10^{38}[\mu_0 (l^*)^3]l^* \sim 10^9 \exp(8\pi 10^6) \sim \exp(8\pi 10^6)$, deci

$$I_{acum} \leq \exp(8\pi 10^6) \text{ biți} \qquad \text{(H.4)}$$

este limita superioară a cantității de informație care poate fi codificată în domeniul nostru în momentul de față. Ca și Linde [7], am stabilit $\rho_0 = 10^{-29}$ și $M = 2\pi^2\rho_0 (l^*)^3$.

Întrucât în cazul universurilor dominate de materie avem $M(t)R(t) = [2\pi^2\rho(t)R^3(t)]R(t) = [2\pi^2\rho_0 R_0^3]R(t) \sim \rho_0 (l^*)^3 R(t)$, limita superioară a informației pe care domeniul nostru o poate codifica crește liniar cu factorul de scală $R(t)$. Așadar, limita superioară absolută se obține stabilind $R(t) = R_{max}$. Folosind $R_{max} = 4M/3M_P^2$, obținem $(MR)_{max} \sim [8\pi\rho^2 / 3M_P^2][l^*]^6$. Așa încât cantitatea maximă de informație care poate vreodată să fie codificată de *orice* domeniu este

$$I_{domeniu}^{max} \leq \exp(12\pi 10^6) \text{ biți} \qquad \text{(H.5)}$$

Așadar transmiterea *ad infinitum* a semnalelor conținând descrierea către domenii-fiică, așa cum propune Linde, ar fi, în cele din urmă, inutilă; odată ce s-ar atinge limita complexității vieții dată de ecuația (H.5), viața ar trebui să își repete *ad infinitum* acțiunile trecute. (De fapt, limita cantității de informație care poate fi trimisă de la un domeniu-mamă la un domeniu-fiică este inferioară lui (H.5), căci respectivele domenii ar fi conectate prin găuri de vierme care ar fi ca niște găuri negre atât pentru domeniul-mamă, cât și pentru domeniul-fiică, iar limita Bekenstein ar trebui să fie aplicată suprafețelor acestor găuri negre care sunt

mai mici şi decât domeniul-mamă şi decât domeniul-fiică, fiind conținută în ambele.)

Limita fundamentală (H.5) apare deoarece, în cosmologia inflaționistă, scalele fundamentale de masă şi lungime – M şi l^* – sunt obținute din masa m din potențialul efectiv $V(\Phi)$. Totuşi, Linde [7] subliniază că, de vreme ce mecanismul care produce închiderea este datorat creşterii fluctuației densității relative $\delta\rho/\rho_0$ peste valoarea 1, este posibil ca scala închiderii universului să nu apară la l^*, ci la nl^*, n fiind un număr întreg. Astfel că dimensiunea închiderii este definită de primul număr întreg n care dă această scală de lungimi de undă a fluctuației densității relative.

Aşadar, există speranța de a evita limita (H.5) trecând de la un domeniu pentru care $n = 1$, la unul pentru care $n = 2$, apoi la unul cu $n = 3$ şi tot aşa *ad infinitum*. Din păcate, nici această strategie nu va avea succes.

Această concluzie decurge din faptul că timpul de viață conformal $\tau_{viață}$ este independent de R_{max}, ca şi din aceea că toate razele de lumină se supun ecuației $\tau = \chi$. Deci, o rază de lumină emisă după un interval de timp finit de la singularitatea inițială efectuează un număr de circumnavigații ale universului în timpul acestuia de viață, mai mic decât $\tau_{viață}/2\pi = 1/(3\gamma - 2)$, care pentru universurile dominate de materie este 1, iar pentru cele dominate de radiație este 1/2, iar aceste numere sunt independente de R_{max}. De aceea, niciun semnal luminos nu poate înconjura un domeniu, oricât de mare, înainte de a sfârşi într-o singularitate finală (sau până când curburile nu devin foarte mari; fiecare din aceste cazuri ne readuce la viață pentru a supraviețui până infinit de aproape de singularitatea finală).

Aceasta înseamnă că va fi imposibil să se caute un domeniu cu n mai mare decât cel corespunzător domeniului actual, să se transmită mesajul care să străbată universul înapoi şi, după aceea, să se transmită informația către un domeniu mai mare – toate acestea înainte ca domeniul actual să îşi atingă singularitatea finală. Argumentul se aplică oricărei cosmologii inflaționiste, chiar şi celor care nu conțin nicio scală fundamentală în afara lungimii Planck L_P – de exemplu, cosmologia inflaționistă extinsă. Crucial este faptul că timpul de viață conformal al universului, adică

ecuația (H.2), nu conține nicio scală de lungime, căci el depinde numai de structura conformală a spațiu-timpului.

Invers s-ar putea crede [13] că se poate supraviețui prin transmiterea de informații către un mini-univers creat în laborator. În acest caz, mini-universul este ascuns în spatele unui orizont de eveniment al unei găuri negre, de arie $A = 4\pi L^2$, $L = 2GM / c^2$, astfel că limita Bekenstein (C.1) devine:

$$I \leq \frac{A}{4L_P^2 \ln 2} \tag{H.6}$$

Întrucât pentru toate orizonturile universurilor tipice de laborator [13], $A \sim 4\pi L_P^2$, nu se poate transmite nicio informație semnificativă către mini-universuri, decât dacă „gaura neagră" este lărgită prin concentrarea celei mai mari părți a universului în interiorul ei; însă această posibilitate este eliminată prin limita de cauzalitate obținută mai sus. (Ar trebui să ieşim, să colectăm materia şi să o aducem înapoi, dar nu poate fi vorba de un înconjur întreg al universului nostru înainte de sfârşitul său.)

Totuşi, pentru derivata limitei Bekenstein (C.l) se presupune că starea vidă este unică, ceea ce implică faptul că în acest vid nu s-a codificat *niciun fel de informație.* Linde [13] sugerează că este posibil ca teoria superstringurilor să încalce această ipoteză şi că ar fi posibil să codificăm informația despre noi înşine în starea vidă a universului de laborator. Dar Linde subliniază că asemenea stări de vid diferite pot apărea numai dacă densitatea inițială a mini-universului este apropiată de densitatea Planck M_P^4. Eu susțin că aceasta implică un număr semnificativ de astfel de mini-universuri cu densități mai mari decât M_P^4, de vreme ce probabilitatea de creare este maximă la M_P^4.

În rezumat, viața într-un univers aflat într-o veşnică expansiune haotică ar fi săracă, solitară, neplăcută, animalică şi – prin comparație cu vârsta infinită a universului – scurtă.

S-ar putea ca expansiunea „eternă" să nici nu fie eternă. Vilenkin [14] a demonstrat de curând că Principiul al Doilea al Termodinamicii impune ca orice univers inflaționist să înceapă cu o singularitate inițială.

Dificultatea cu care se confruntă toate universurile netede şi deschise, cu sau fără expansiune, constă în aceea că ele conţin în mod necesar orizonturi de eveniment. Acestea împiedică transmiterea semnalelor, iar absenţa lor – adică prezenţa unui punct omega – implică faptul că spaţiu-timpul este compact, după cum s-a arătat în anexa F. Să ne amintim, totuşi, că teorema Seifert impune ca suprafeţele Cauchy să fie compacte, nu S^3. Dar un univers non-S^3 nu va recolapsa decât dacă se încalcă condiţia de energie slabă, sau $\Lambda < 0$ (vezi mai jos, [21]). Întrucât – după cum vom vedea mai jos – o energie suficientă pentru divergenţa informaţiei procesate impune recolapsarea, aceasta înseamnă că suprafeţele Cauchy trebuie să fie de tip S^3. Deci, pentru ca viaţa să fie eternă, universul trebuie să fie închis.

1. *Universuri Bianchi de tip IX*

S-ar putea crede că asupra vieţii atârnă un blestem de vreme ce, după un timp finit, universurile închise sfârşesc în singularităţi de volum nul. Totuşi, limita Bekenstein (C.1) arată că, dacă $ER \to +\infty$, este posibil ca $I \to +\infty$ când $R \to 0$; I total procesat şi stocat în timp real finit poate fi infinit dacă $dI/dt \to +\infty$ suficient de rapid. Voi arăta acum că pot apărea ambele divergenţe. Voi demonstra în cele ce urmează că, dacă ambele se produc într-un univers închis, atunci biosfera trebuie să înglobeze întregul univers şi să împiedice formarea orizonturilor. Această din urmă afirmaţie implică faptul că universul va trebui să fie aproximativ omogen (sau trebuie făcut să fie astfel) în viitorul îndepărtat. Pentru ca recolapsarea să se poată produce este necesar ca, la expansiunea sa maximă, universul să fie aproape izotrop. Altfel spus, la R_{max} universul trebuie să fie aproape FRW, iar acest lucru implică, la rândul său, că modul de creştere al contrastului de densitate este $\delta_+(t_{max}) < 1$. Cum în spaţii netede avem $\delta_+ \propto t^{2/3} \propto R(t)$ care duce la

$$\frac{\delta_+(t_{max})}{\delta_+(t_{acum})} = \frac{R_{max}}{R_{acum}}$$

la scara cea mai mare. Voi demonstra pe scurt că $R_{max}/R_{acum} \geq 3 \times 10^3$, astfel că obţinem $\delta_+(t_{acum}) < 3 \times 10^{-4}$ – amplitudinea pe

scara distanței antipodale. Ca să obținem fluctuația de temperatură $\Delta T/T$ la momentul recombinării, ne folosim de $\Delta T/T = \frac{1}{3}\delta_+(t_R)$ în cazul perturbațiilor adiabatice, normăm timpul din prezent până la timpul recombinării t_R și normăm amplitudinea de la distanța de la antipod până la distanța de orizont la t_R. Normarea amplitudinii necesită spectru de putere.

Dar spectrul de putere trebuie să fie un spectru Harrison-Zel'dovich. Dacă spectrul inițial este

$$\delta_{|H} = \Delta\left(\frac{M_H}{M_*}\right)^{-\alpha}$$

unde $\delta_{|H}$ reprezintă dimensiunile perturbației δ la momentul când ea pătrunde în orizont, iar Δ și M_* sunt parametri liberi. Dacă $\alpha < 0$, perturbațiile sunt divergente la scară mare. Dacă $\alpha > 0$, atunci perturbațiile sunt divergente la scară mică [26, p. 352]. Ambele situații sunt incompatibile cu singularitatea inițială Friedmann de care avem nevoie pentru ca $S = 0$ la singularitatea inițială și pentru ca limita Bekenstein să fie valabilă, așa cum am arătat în anexa C. Astfel că $\alpha = 0$ și acesta este spectrul Harrison-Zel'dovich.

Se poate arăta [26, p. 359] că spectrul Harrison-Zel'dovich implică $\delta_+ \propto M_k^{-2/3}$, unde k este numărul de undă al perturbației. Întrucât $M_k \propto k^{-3}$, aceasta implică $\delta_+ \propto k^2$. Datorită faptului că numărul de undă este invers proporțional cu distanța reală, avem

$$\frac{\delta_+(t_R)\big|_H}{\delta_+(t_R)\big|_{antipodal}} = \left(\frac{k_H}{k_{antipodal}}\right)^2 = \left(\frac{D_{antipodal}}{D_H}\right)^2_{|t_R}$$

unde D_H este distanța reală până la orizont, iar $D_{antipodal}$ este, așa cum era și în anexa B, distanța reală până la punctul antipodal. Întrucât dimensiunea orizontului crește ca și $R^{3/2}$, iar distanța până la punctul antipodal crește ca și R, raportul $D_H/D_{antipodal}$ crește ca și $R^{1/2}$. Aceasta implică

$$\left(\frac{D_{antipodal}}{D_H}\right)^2_{recombinare} = \left(\frac{R_{acum}}{R(t_R)}\right)\left(\frac{D_{antipodal}}{D_H}\right)^2_{acum}$$

Inegalitatea $\delta_+(t_{acum}) < 3 \times 10^{-4}$ pe scala punctului antipodal atrage după sine $\delta_+(t_R) < 2 \times 10^{-7}$ pe scala punctului antipodal, căci $\frac{\delta_+(t_{acum})}{\delta_+(t_R)} = \frac{R_{acum}}{R_{recombinare}} = 1500$. Cum, din anexa B avem $(D_{antipodal}/D_H)_{acum} = 10^3$, obținem $\Delta T/T < 100$, un rezultat neinteresant. Analiza anterioară a fost realizată pentru universul FRW neted, iar perturbațiile cresc mai rapid în modelele FRW închise, dar creşterea contrastului de densitate este numai de 5 ori mai mare decât în cazul modelului neted la momentul maximei expansiuni [26, p. 339].

Totuşi, perturbațiile la scara cea mai mare nu trebuie să fie mici numai la momentul expansiunii maxime, ci şi atunci când descendenții noştri ating acea scară. Astfel că, dacă la momentul în care biosfera atingea regiunea perturbațiilor la scara orizontului ar fi fost de ordinul 1, ar însemna ca materialul să fi colapsat formând găuri negre supermasive şi, ca atare, nu ar mai fi disponibil pentru viață, în plus, asemenea găuri negre enorme ar fi imposibil de manipulat în scopul eliminării orizonturilor, iar orizonturile – aşa cum vom vedea în cele ce urmează – ar face imposibilă viața veşnică.

Un punct de pe suprafața ultimei împrăştieri este localizat astăzi la o distanță $R_{acum}\chi$ dată de

$$R_{acum}\chi = R_{acum}\int_{t_R}^{t_{acum}} \frac{dt}{R(t)}$$

care, întrucât $R(t) = R_{acum}(t/t_{acum})^{2/3}$, implică

$$R_{acum}\chi = 3t_{acum}\left[1 - \left(\frac{R(t_R)}{R_{acum}}\right)^{1/2}\right]$$

astfel că, într-un univers FRW neted dominat de materie, dimensiunea universului vizibil este foarte apropiată de $3t_{acum}$. Voi arăta în anexa N că urmaşii noştri vor putea evolua spre această regiune cu o viteză apropiată de viteza luminii şi astfel vor putea atinge această regiune la momentul t determinat de ecuația

$$R_{acum}\chi = R_{acum}\int_{t_{acum}}^{t} \frac{dt}{R(t)} = 3t_{acum}\left[\left(\frac{R(t)}{R_{acum}}\right)^{1/2} - 1\right]$$

Înlocuind în ambele ecuații $R_{acum}\chi$ implică faptul că $R(t)/R_{acum} = 4$. Atunci, condiția $\delta_+(t) < 1$ duce la

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{3}\delta_+(t_R) = \frac{1}{3}\delta_+(t)\left(\frac{\delta_+(t_{acum})}{\delta_+(t)}\right)\left(\frac{\delta_+(t_R)}{\delta_+(t_{acum})}\right) = \frac{1}{3}\delta_+(t)\left(\frac{R_{acum}}{R(t)}\right)\left(\frac{R(t_R)}{R_{acum}}\right)$$

$$< \left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{1}{4}\right)\left(\frac{1}{1500}\right) = 6\times 10^{-5}$$

ceea ce reprezintă limita superioară la care se referă cea mai mare parte a acestei cărți. (Aș fi putut da o demonstrație mai bună, căci condiția corectă nu este $\delta_+(t) < 1$, ci $\delta_+(t) \ll 1$.) Știm, de asemenea, că pentru a da naștere galaxiilor, structurilor care duc la apariția vieții în perioada de început a istoriei universale, contrastul de densitate trebuie să depășească 10^{-6} la suprafața ultimei împrăștieri. Astfel că din condiția la limită finală, conform căreia viața trebuie să fie veșnică, avem limite superioare și inferioare destul de strânse ale contrastului de densitate. Dată fiind condiția la limită, nu sunt necesare niciun fel de considerații care țin de fizica particulelor; pentru calculele de mai sus nu s-a ținut seama decât de cosmologia clasică. De observat că condiția la limită finală explică de ce $\Delta T/T$ nu depășește 100 de $R(t_R)/R_{acum}$: primul este proporțional cu cel de-al doilea.

Pe scurt, se constată că universul va fi, cu o probabilitate ridicată, omogen cel puțin până la momentul recolapsării.

Metrica unui univers omogen închis, modelul Bianchi tip IX, poate fi exprimată [15, 16] ca

$$ds^2 = -dt^2 + e^{2\alpha}\left[\sum_{i,j=1}^{3}(e^{2\beta})_{ij}\sigma^i\sigma^j\right] \qquad \text{(H.7)}$$

unde σ^i sunt forme unare invariante izometric SU(2) pe S^3 care satisfac $\pounds_{\vec{n}}\sigma^i = 0$ și $[\sigma^i, \sigma^j] = \epsilon_{ijk}\sigma^k$, $\vec{n}$ fiind versorul hipersuprafețelor spațiale de omogenitate t = constant, iar α și β_{ij} sunt funcții numai de t (β_{ij} nu are urmă). Voi arăta în cele ce urmează că efectele dispariției orizontului și energiei disponibile sunt maxime dacă β_{ij} este diagonală; să notăm cu β_i elementele diagonale. Întrucât $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 0$, numai două elemente sunt independente, așa încât să alegem ca variabile independente $\beta_+ \equiv -\frac{1}{2}\beta_3$ și

$\beta_- \equiv \frac{1}{2\sqrt{3}}(\beta_1 - \beta_2)$. Dacă $-\rho$, P_1, P_2, P_3 reprezintă valorile proprii ale tensorului energie-tensiune $T^a{}_b$, corespunzătoare vectorilor proprii $(dt)^a$, $(\sigma^1)^a$, $(\sigma^2)^a$, $(\sigma^3)^a$ (adică, ele reprezintă valorile negative ale densității de energie și principalelor tensiuni măsurate în sistemul ortonormal local), atunci ecuațiile Einstein $G_{ab} = 8\pi T_{ab}$ sunt

$$\dot{\alpha}^2 - \dot{\beta}_+^2 - \dot{\beta}_-^2 + \frac{1}{4}e^{-2\alpha}(1-V) = \frac{8\pi}{3}\rho \qquad \text{(H.8)}$$

$$\ddot{\alpha} + \dot{\alpha}^2 + 2(\dot{\beta}_+^2 + \dot{\beta}_-^2) = -\frac{4\pi}{3}(\rho + P_1 + P_2 + P_3) \qquad \text{(H.9)}$$

$$\ddot{\beta}_+ + 3\dot{\alpha}\dot{\beta}_+ + \frac{1}{8}\frac{\partial V}{\partial \beta_+} = -\frac{4\pi}{3}(2P_3 - P_1 - P_2) \qquad \text{(H.10)}$$

$$\ddot{\beta}_- + 3\dot{\alpha}\dot{\beta}_- + \frac{1}{8}e^{-2\alpha}\frac{\partial V}{\partial \beta_-} = \frac{4\pi\sqrt{3}}{3}(P_1 - P_2) \qquad \text{(H.11)}$$

unde punctele de deasupra variabilelor desemnează derivatele în raport cu timpul, iar $V \equiv V(\beta_+,\beta_-) \equiv 1 - \frac{4}{3}e^{-2\beta} + \cosh(2\sqrt{3}\beta_-) + \frac{1}{3}e^{-8\beta} + \frac{2}{3}e^{4\beta}\cdot[\cosh(4\sqrt{3}\beta_-) - 1]$. Avem $V \geq 0$ și $V = 1 - \frac{2}{3}{}^{(3)}Re^{2\alpha}$, unde ${}^{(3)}R$ reprezintă curbura scalară a sferei. Echipotențialele lui $V(\beta_+,\beta_-)$ sunt prezentate în figura H.1.

2. *Înfrângerea morții termice: energie liberă din energie de forfecare*

Întrucât fiecare bit *stocat* în mod ireversibil [17,18] necesită $kT\ln 2$ energie liberă, Al Doilea Principiu al Termodinamicii arată că întreaga cantitate de informație I_T procesată din acest moment și până la frontiera-c este:

$$I_T \equiv \int_{acum}^{frontiera-c} \frac{dI}{dt}dt \leq \int_{acum}^{frontiera-c} \frac{dE/dt}{kT\ln 2}dt \qquad \text{(H.12)}$$

Cum $t_{subiectiv} \leq I_T$, iar integrala din extrema dreaptă a ecuației (H.12) – cu limita inferioară zero (începutul timpului propriu

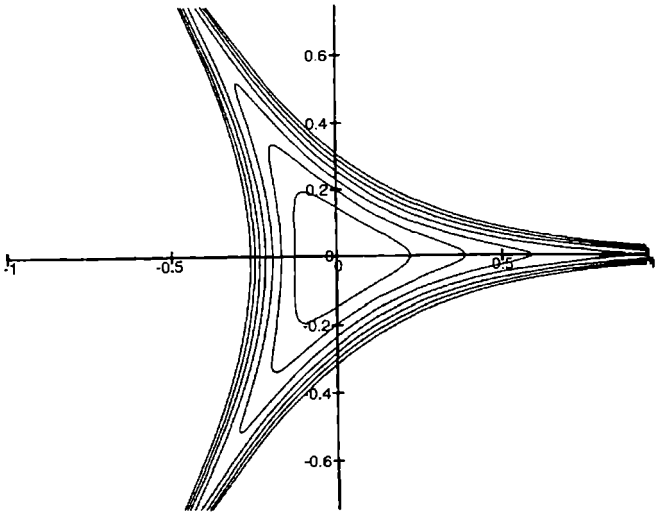


Fig. H.1. Echipotențialele lui $V(\beta_+,\beta_-)$. Pentru o rotație de până la 120° potențialul este simetric în planul β_+, β_-. Minimul global este $V(0,0) = 0$. Dacă $V < 1$ contururile sunt închise. Contururile cu $V \geq 1$ tind asimptotic către dreptele $\beta_- = 0$ și $\sqrt{3}\beta_+ \pm \beta_- = 0$. Mișcarea pe oricare dintre aceste trei canale definite de aceste linii definește un univers Taub (un sferoid aplatizat) și face ca energia de forfecare să fie divergentă, iar lumina să circumnavigheze în canalul derivat. Mișcarea perpendiculară pe echipotențială este numită „reflexie pe un perete", pentru că în aceste direcții $V(\beta_+,\beta_-)$ crește exponențial foarte rapid. Viața trebuie să folosească haosul din aceste ciocniri pentru a determina mișcarea într-un canal.

în momentul Big Bang-ului) și limita superioară t – este $\leq \Theta(t)$, $\Theta(t)$ fiind timpul entropic definit în anexa B, observăm că inegalitatea (H.12) implică o inegalitate referitoare la timpul subiectiv și cel entropic:

$$t_{subiectiv} \leq \Theta(t)$$

Inegalitatea (H.12) nu implică calculul *per se,* ci doar încărcarea în computer a informațiilor noi și înregistrarea performantă a rezultatelor calculului. De fapt, nu există o limită infe-

rioară pentru cantitatea de energie liberă necesară procesării informației în cazul în care procesul utilizat este reversibil [17,18]. Energia nu trebuie disipată decât atunci când nu urmează a fi eliminată, deci atunci când un program este inițial citit și când se înregistrează rezultatul final al unui calcul. Inegalitatea (H.12) li se aplică ambelor procese, deși chiar în aceste cazuri s-ar putea, în principiu, înregistra toate posibilitățile unui șir de simboluri în lungimea semnalului de intrare și de ieșire, ce ar îndepărta necesitatea eliminării oricărei informații.

Dar numărul de elemente de memorie necesar pentru a înregistra toate posibilitățile ar crește exponențial cu lungimea input-ului. În scopul evitării pierderii informației înregistrate prin transformare în fluctuații termice, cele două stări ale fiecărui element de memorie (necesare înregistrării unui bit de informație) ar trebui să difere în ceea ce privește energia prin kT. Pentru sinteza unui astfel de element de memorie este necesară o cantitate de energie de ordinul kT sau mai mare, căci însuși materialul din care se construiește elementul de computer ar trebui să fie localizat, iar actul de localizare este schimbat cu o măsurătoare ireversibilă care necesită consumul unei energii kT, după cum a arătat Brillouin. Astfel că păstrarea în memorie a tuturor posibilităților ar fi mai costisitoare din punct de vedere energetic decât eliminarea informației. Pe scurt, inegalitatea (H.12) constituie o limită fundamentală, de neevitat, în calea creșterii cantității de informație în apropierea sfârșitului timpului.

Întrucât Condiția II necesită $I_T \to +\infty$ astfel ca $t_{subiectiv}$ să poată fi divergent la $+\infty$, observăm că Condiția II necesită

$$\int_{acum}^{frontiera-c} \frac{dE/dt}{kT \ln 2} dt = +\infty$$

Astfel încât Condiția II spune că trebuie să existe o sursă de energie care să aibă o rată de creștere suficient de mare ca să permită această divergență.

În viitorul îndepărtat, sursa dominantă de energie este [6] densitatea de energie de forfecare $\rho_{forfecare} \equiv \dot{\beta}_+^2 + \dot{\beta}_-^2$. Este numită „densitate de energie" pentru că intră în ecuația (H.10) exact ca densitatea obișnuită de energie ρ. Densitatea de energie de forfecare este maximă dacă metrica (H.7) este constituită de

modelul Taub cu $\dot{\beta}_- = \ddot{\beta}_- = \partial V / \partial \beta_- \big|_{\beta_-=0} = 0$. Pentru $\beta_+ >> 0$, modelul Taub este aproximat prin extrema Kasner $ds^2 = -dt^2 + dx^2 + dy^2 + t^2 dz^2$, cu $\beta_1 = \beta_2 = -\frac{1}{3} \ln t$, $\beta_3 = \frac{2}{3} \ln t$ şi $\alpha = \frac{1}{3} \ln t$. Astfel, când $\beta_+ >> 0$ densitatea de energie de forfecare creşte în apropierea singularităţii finale cu $\frac{2}{3t^2} = \frac{2}{3(e^\alpha)^6}$. Se poate arăta că, dacă universul trece imediat de la mişcarea pe un canal al $V(\beta_+,\beta_-)$ la altul, aceasta va fi rata medie de creştere a densităţii de energie de forfecare. Astfel, energia totală de forfecare creşte în medie cu $E \sim (e^\alpha)^{-6} \times (e^\alpha)^3 \sim (e^\alpha)^{-3} = t^{-1}$, deci $dE/dt \sim t^{-2}$, iar temperatura creşte cu $(e^\alpha)^{-1} = t^{-1/3}$. De aceea, integrala din extrema dreaptă în (H.12) diverge cu $t^{-2/3}$ în vecinătatea singularităţii finale la $t = 0$; este posibil ca, acolo, o cantitate infinită de informaţie să fie procesată într-un interval finit de timp propriu. Întrucât raza medie a universului $R \sim e^\alpha$, avem $ER \sim R^{-2}$, ceea ce arată că ambele limite Bekenstein, (C.1) şi (C.4), diverg când $R \to 0$; limitele Bekenstein nu constituie piedici în calea existenţei vieţii veşnice într-un univers închis.

Am presupus tacit în cele de mai sus că densitatea de energie de forfecare este, de fapt, energie disponibilă. Voi demonstra acum că aşa este. Am menţionat în capitolul 4 că sursa esenţială de energie liberă o constituie diferenţa de temperatură datorată colapsului diferenţial al universului. Dependenţa direcţională de temperatură este dată (pentru drumuri optice mici – situaţia specifică în vecinătatea singularităţii finale – şi pentru cazul în care suprafaţa ultimei împrăştieri este izotropă – situaţia existentă între momentul prezent şi momentul în care temperatura universală este de câţiva eV) de formula Thorne-Misner [20]:

$$T(\vec{n}) = \left(\frac{T_0}{e^\alpha}\right)\left[\sum_{i,j=1}^{3} n^i (e^{2\beta})_{ij} n^j\right]^{-\frac{1}{2}}$$

unde n^i este un vector unitar pe direcţia pe care se măsoară temperatura şi T_0/e^α este temperatura mediată pe toate direcţiile. Am introdus un factor e^α pentru a indica faptul că această temperatură medie este invers proporţională cu raza medie e^α a

universului; T_0 este o constantă. Astfel că în cazul Taub diagonal, raportul dintre temperatura maximă T_{max} şi cea minimă T_{min} este

$$\frac{T_{\max}}{T_{\min}} = \left[\frac{e^{2\beta_1}}{e^{2\beta_3}}\right]^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{t^{-\frac{2}{3}}}{t^{\frac{4}{3}}}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{t} = \frac{1}{(e^{\alpha})^3}$$

În mod similar, $T_{max}/(T_0/e^{\alpha}) \sim e^{-\beta_3} \sim t^{\frac{2}{3}} \sim 1/(e^{\alpha})^2$. Cum randamentul Carnot este proporţional cu $(1 - T_{min}/T_{max})$, energia disponibilă este proporţională cu

$$\left(1-\frac{T_{\min}}{T_{\max}}\right)\left(\frac{T_{\max}}{T_0/e^{\alpha}}\right)^4 (e^{\alpha})^2 (e^{\alpha})^3$$

unde ultimii doi factori reprezintă un factor geometric introdus pentru că radiaţia provine de pe o *suprafaţă* şi, respectiv, volumul.

Pentru metrica Kasner extremă avem deci $(e^{\alpha})^{-3} \sim t^{-1}$ corespunzător cantităţii de energie disponibilă şi, deci, $dE/dt \sim t^{-2}$, adică *exact* rata de creştere a energiei de forfecare.

Calculele de mai sus au pornit de la ipoteza că I este procesat pe întregul univers. Voi arăta ceva mai departe în cadrul acestei anexe că, dacă $\mathcal{J}(\gamma) \cap S(t)$ scade la fel de rapid în vecinătatea singularităţii finale, aşa cum o face în universurile Friedmann dominate de radiaţie, energia nu va fi suficientă. Mai mult decât atât, după cum am arătat deja în această anexă, numărul total de circumnavigaţii ale luminii într-un univers Friedmann este $\leq (3\gamma - 2)^{-1}$. Misner a demonstrat [19,20] că, dacă volumul total se modifică cu un factor de cel puţin $e^{4\pi}$, atunci lumina poate circumnaviga universul o singură dată într-un model Taub pe direcţia β_3; astfel, *dacă* evoluţia universului se deplasează imediat de pe un canal al lui $V(\beta_+,\beta_-)$ pe altul, lumina va putea circumnaviga universul în toate direcţiile cu o modificare a volumului de $e^{12\pi} = 2{,}4 \times 10^{16}$. Pentru ca o asemenea modificare de volum să se producă într-un interval cuprins între momentul actual şi cel care urmează maximei expansiuni, când temperatura cosmică medie este mai mică decât 10^{-2} eV (presupunând că această temperatură viitoare apare atunci când factorul de scală are aceeaşi valoare pe care a avut-o când universul se afla la această temperatură, în vremurile sale de început), trebuie ca

$\Omega_0 - 1 \approx 3{,}5 \times 10^{-6}$; acest fapt duce la un interval de timp până la expansiunea maximă de aproximativ 10^{18} ani. Dacă temperatura cosmică atinge valoarea 10^{-2} eV în momentul în care factorul de scală are aproximativ aceeaşi valoare pe care o are acum, atunci $\Omega_0 - 1 \approx 3{,}5 \times 10^{-4}$. Dacă intervalul de timp până la expansiunea maximă ar fi cu mult mai mare decât 10^{18} ani, atunci – aşa cum s-a arătat în capitolul 2 – stelele vor fi murit, galaxiile ar fi prea departe una de alta pentru a putea fi văzute în absenţa stelelor, iar vieţii i-ar fi extrem de dificil să cuprindă tot universul. Universul ar fi, de fapt, prea aproape de netezime pentru ca viaţa să poată exista până când faza de colaps disponibilizează energia de forfecare. Aşadar, universul trebuie să fie închis şi

$$3{,}5 \times 10^{-4} \leq \Omega_0 - 1 \leq 3{,}5 \times 10^{-6}$$

La expansiunea maximă universul trebuie să fie aproape izotrop [21], iar vieţii îi va fi luat ceva timp pentru a se fi extins suficient de mult ca să determine evoluţia universului pe un canal, astfel că toate cele trei circumnavigaţii trebuie să apară după expansiunea maximă.

Atât pentru dispariţia orizontului, cât şi pentru suficienţa energiei, viaţa trebuie să determine trecerea directă a universului de pe un canal al $V(\beta_+,\beta_-)$ pe altul. Aşa cum am evidenţiat în anexa F, este puţin probabil ca acest gen de evoluţie să se petreacă în mod natural [22], dar Barrow şi alţii au arătat [23] că modelele Bianchi de tip IX sunt haotice. Pentru ca dispariţia orizontului şi energia de vid Higgs să fie fenomene dominante (aşa cum se arată mai jos), este necesar ca universul să fie în mod repetat ghidat spre aceste canale şi, de asemenea, ca ciocnirile barierelor de potenţial să fie şi ele haotice. Nu se ştie dacă aceste ciocniri sunt haotice sau stabile (J.D. Barrow, convorbiri particulare); predicţia mea este că ele sunt haotice.

S-a demonstrat teoretic [24] şi experimental [25] că un sistem haotic poate fi dirijat din orice stare iniţială spre orice stare improbabilă aleasă folosind numai mici perturbaţii ale parametrului unui sistem accesibil. În cosmologie aceşti parametri sunt componentele tensorului energie-tensiune.

Întrucât predicţia mea este $3{,}5 \times 10^{-4} \leq \Omega_0 - 1 \leq 3{,}5 \times 10^{-6}$ şi întrucât ambele seturi de date referitoare la evoluţia chimică şi cea stelară [26] presupun o vârstă a universului $t_{acum} \geq 12 \times 10^9$ ani

(valoarea $t_{acum} \geq 15 \times 10^9$ ani fiind mai probabilă), predicția mea este $H_0 \leq 55$ km/s-mpc și, probabil, $H_0 \leq 45$ km/s-mpc [27]. Telescopul Hubble este proiectat să măsoare distanțe reale până la clusterul stelar Virgo, a cărui deplasare spre roșu este $z = 0{,}004$. *Dacă* această deplasare spre roșu merge dincolo de structurile locale și ajunge în curgerea Hubble, atunci HST va putea să verifice predicțiile mele.

În plus, absența orizonturilor de eveniment – impusă prin cerința unei cantități de energie suficientă pentru procesarea informației, ca și pentru comunicarea nelimitată – implică faptul că viitoarea frontieră-c trebuie să reprezinte un singur punct – Punctul Omega – așa cum am stabilit în capitolul 4. În anexa F am arătat că o frontieră-c formată dintr-un singur punct implică suprafețe Cauchy compacte dacă condiția de cronologie rămâne valabilă. Aceasta nu înseamnă că suprafețele Cauchy trebuie să prezinte topologie S^3. Totuși, eu și Barrow am demonstrat [21] că, dacă condiția de energie slabă nu este violată sau $\Lambda < 0$, un univers închis non-S^3 nu va recolapsa. Cum o cantitate suficientă de energie pentru I_T necesită recolaps, aceasta înseamnă că suprafețele Cauchy trebuie, de fapt, să fie S^3.

3. *Teste experimentale: predicții referitoare la masa quarkului top și la cea a bozonului Higgs*

Această rezolvare de tip punct omega a problemei netezimii este, de fapt, rezolvarea Mixmaster a lui Misner [19] transferată de la universul timpului la universul din viitorul îndepărtat. Voi arăta acum că ea necesită și transferul mecanismului inflației Guth [28].

Întrucât $T \to +\infty$ când $R \to 0$, informația va trebui, de fapt, să fie stocată printr-o altă metodă decât cele bazate pe sistemele atomice care devin inutile odată ce $T > 1 - 10$ eV. Dacă informația este stocată global, universul însuși jucând rol de „cutie" care conține respectiva informație, stările energetice care codifică informația vor măsura în mod automat ca și universul, astfel că o nouă schimbare de substrat nu va mai fi necesară decât, poate, la momentul Planck. (Informația ar putea fi stocată în unde

care străbat universul; aceasta ar constitui o formă de stocare a liniei de întârziere [29].) Totuşi, pentru ca acest mecanism să fie fezabil ar trebui să aibă loc o mulţime de circumnavigaţii ale luminii, timp în care modificarea temperaturii ar fi foarte slabă. Acest lucru nu poate fi realizat prin intermediul mecanismului Misner, căci acesta necesită o variaţie mare de volum, deci şi de temperatură. Aşa cum am subliniat ceva mai sus, dacă raportul V_{max}/V_T dintre volumul universului la expansiunea maximă şi volumul corespunzător temperaturii $T \sim 10^{-2}$ eV satisface $V_{max}/V_T >> e^{12\pi}$, atunci universul va fi foarte aproape de modelul neted şi viaţa va înceta. Singurul mecanism cunoscut care ar putea opri contracţia este Constanta Cosmologică pozitivă Λ care trebuie să existe (dacă modelul standard este corect) pentru a anula actuala densitate de energie negativă a câmpului Higgs; la nivelul arbore, trebuie să avem $\Lambda - \frac{1}{8} m_H^2 v^2 = 0$, unde v = 246 GeV, iar m_H este masa Higgs. Tranzaţia de fază Weinberg-Salam a universului timpuriu nu poate avea niciun efect gravitaţional semnificativ [30,31] la $T \sim 100$ GeV, pentru că densitatea de energie a radiaţiei este mult mai mare decât Λ la această temperatură, dar voi arăta că, în cazul modelelor Bianchi de tip IX, există un efect dinamic care acţionează numai în faza de contracţie universală şi care poate opri contracţia – cu condiţia ca masa Higgs să fie suficient de mare.

În sistemul de coordonate (H.7), ecuaţia de câmp corespunzătoare câmpului Higgs ϕ este [32]

$$\ddot{\phi} + 3\dot{\alpha}\dot{\phi} + \partial U(\phi, \dot{\beta}_+, \dot{\beta}_-)/\partial\phi = 0 \qquad \text{(H. 13)}$$

unde [33,34] U, potenţialul Higgs efectiv de nivel arbore, este dat de

$$U(\phi, \dot{\beta}_+, \dot{\beta}_-) = \tfrac{1}{2}[(-m_H^2 + \tfrac{1}{6}(\dot{\beta}_+^2 + \dot{\beta}_-^2))\phi^\dagger\phi + (m_H/v)^2(\phi^\dagger\phi)^2] + \Lambda \qquad \text{(H.14)}$$

căci Futamase [33] şi Chen & Hu [34] au arătat că, chiar la nivel clasic, există un termen de forfecare [35] în potenţialul efectiv de forma $U_{sh}(\phi, \dot{\beta}_+, \dot{\beta}_-) \equiv \frac{1}{12}(\dot{\beta}_+^2 + \dot{\beta}_-^2)\phi^2$ şi eu am adăugat acest termen potenţialului efectiv cu buclă unică. Rothman şi G. F. R. Ellis [35] au dovedit că, β_{ij} neavând urmă, niciun termen din (H.14) nu va conţine nici $\beta_\pm$ şi nici vreo derivată a acestora în raport cu timpul.

Totuşi, Futamase, Chen şi Hu includ un astfel de termen (aşa cum fac şi eu), pentru că ecuaţia noastră ţine seama de cuplajul câmpurilor nescalare prezente datorită gravitaţiei cu câmpul Higgs; vezi [36,37]. Există alţi termeni de tip energie de vid – termenul de vid QCD, de exemplu – şi termeni de corecţie în cazul temperaturii înalte, dar la T joasă ei sunt nuli sau constanţi, căci nu se cuplează cu curbura şi pot fi incluşi în Λ. (Aceasta presupune, desigur, că nu există alte câmpuri Higgs de genul celor cu SUSY minimă.)

În universul aflat în expansiune, termenul $3\dot{\alpha}\dot{\phi}$ este un termen de întârziere (de vreme ce $\dot{\alpha} > 0$) care retardează modificările de stare, dar în faza de contracţie el este un termen *anti-întârziere*, permiţând astfel să se demonstreze – folosind (H.8) – (H.11) şi (H.13) – că, în cazul evoluţiei pe un canal, U poate creşte de la valoarea sa minimă la $\frac{v}{\sqrt{2}}$, suficient pentru ca Λ să domine densităţile de radiaţie, materie şi energie de forfecare [37] atunci când temperatura medie este $T = 10^{-2}$ eV. Mai precis, o estimare a ordinului de mărime a lui ΔU pe perioada evoluţiei pe un canal, între momentul maximei expansiuni şi cel în care temperatura medie este $T = 10^{-2}$eV, arată că putem avea $\Delta U \sim \Lambda = \frac{1}{8} m_H^2 v^2$. Temperatura $T = 10^{-2}$eV este de 10^{13} ori mai mică decât temperatura corespunzătoare tranziţiei de fază în universul timpuriu. Acest factor de dimensiuni uriaşe demonstrează, aşa cum am afirmat mai înainte, că termenii dependenţi de temperatură pot fi neglijaţi.

Universul nu poate deveni static la saltul $T \sim 10^{-2}$eV. Egalând cu zero toate derivatele în raport cu timpul din (H.8)–(H.11) şi considerând că T_{ab} constă din praf, radiaţie anizotropă şi Λ, se ajunge la $\rho_d + 2\rho_r = 2\Lambda$ şi $\frac{4}{5} \leq e^{3\beta_3} \leq 1$, limita minimă fiind atinsă numai dacă $\rho_d = 0$ şi nu există radiaţie pe direcţia σ_3. De asemenea, deoarece $\frac{T_1}{T_3} = (e^{3\beta_3})^{1/2}$ constituie raportul de temperatură direcţional [20], randamentul Carnot de extragere a energiei ar fi de numai 10%. Astfel că universul trebuie să treacă printr-o serie de pulsaţii de aproximativ $T \sim 10^{-2}$eV, la fiecare ciclu înregistrându-se o creştere a entropiei. Circumnavigaţiile vor fi maximizate prin maximizarea numărului de cicluri.

Singura posibilitate ar fi ca acolo să existe o serie de pulsații ale universului la o temperatură în jur de 10^{-2}, înainte ca materia să înceteze să mai fie utilă pentru stocarea informației. Singurul mecanism fizic cunoscut până acum care ar putea genera o astfel de serie de pulsații este modelul standard al câmpului Higgs, prin intermediul mecanismului de mai sus. Numărul pulsațiilor va fi maxim – şi, deci, numărul de circumnavigații va fi maxim – dacă masa Higgs este maximă şi dacă entropia generală în tranziția de fază a universului timpuriu este minimă.

Acest lucru se degajă ca o concluzie din lucrările lui Sher [38], Guth şi Sher [39], Petrosian [40] şi Bludman [30], care au arătat că, dacă energia eliberată la trecerea densității de energie Higgs de la $U(\phi = 0) = 0$ la $U(\phi = \frac{v}{\sqrt{2}}) = -\frac{1}{8} m_H^2 v^2$ este în principal de tip termic – aşa cum chiar va fi dacă tranziția este de ordinul întâi – atunci Al Doilea Principiu al Termodinamicii nu va permite ciocnirea la $T \sim 100$ GeV. Acest fapt sugerează că procesul pulsatoriu Higgs propus de mine va avea efect maxim numai dacă tranziția de fază Weinberg-Salam este de ordinul doi, sau numai de un foarte slab ordin întâi, astfel încât entropia corespunzătoare tranziției de fază să fie minimă.

Kirzhnits şi Linde [41] (vezi, de asemenea, [42,43]) au demonstrat că prin maximizarea masei Higgs se minimizează tăria tranziției de fază. Ellis şi alții [44, 45] au calculat potențialul Higgs efectiv de grup, corectat cu două bucle de renormare, şi au arătat că (dacă modelul standard este valabil până la 10^{15} GeV) vidul rămâne stabil un timp de 10^{18} ani şi $U(\frac{v}{\sqrt{2}})$ reprezintă un minim global – adică vidul Higgs este stabil – numai dacă masele bozonului Higgs şi quarkului top se află în interiorul curbelor prezentate în figura H.2.

Figura H.2 arată că masa Higgs este maximă pentru $m_H = 220$ GeV şi $m_t = 185$ GeV. Cabibbo şi alții [46] au calculat un potențial efectiv de grup, corectat cu o singură buclă de renormare, şi au obținut o curbă foarte asemănătoare, cu masa Higgs maximă $m_H = 220$ GeV şi $m_t = 200$ GeV. De aceea, voi considera valorile lui Ellis şi ale colaboratorilor săi ca fiind estimările cele mai bune, dar voi alege erori egale cu diferența dintre masele quarkului top, astfel încât să pot lua în considerare

efectul corecţiilor de ordin superior şi creşterea limitei superioare a modelului standard până la 10^{19} GeV. (Cu $m_H = 220$ GeV tranziţia de fază ar putea foarte bine să fie de ordinul doi [41,47,48]. Şi fiindcă mecanismul descris mai sus funcţionează cel mai bine în această ipoteză, eu presupun că e valabilă.)

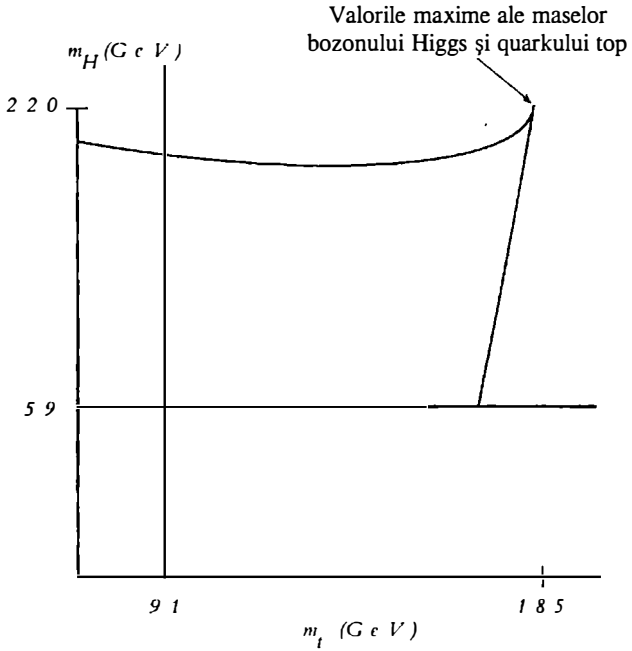


Fig. H.2. Graficul valorilor permise ale maselor bozonului Higgs şi quarkului top, realizat folosind modelul standard al potenţialului Higgs efectiv de grup corectat, cu două bucle renormate şi presupunând că teoria perturbaţiilor este valabilă până la 10^{19} GeV. Figura este adaptată din lucrările [44–46]. Punctul în care se intersectează curbele limită are coordonatele $m_H = 220$ GeV şi $m_t = 185$ GeV. Sunt prezentate şi limitele inferioare experimentale ($m_H > 59$ GeV şi $m_t > 91$ GeV; $m_t > 91$ GeV a fost limita inferioară în august 1992, când preprintul lucrării mele, prezicând masa quarkului top, ieşea de sub tipar. Limita inferioară actuală este în jur de 110 GeV).

Diagramele Feynman corespunzătoare principalelor reacții din care rezultă un Higgs cu această masă sunt prezentate în figurile H.3 și H.4 pentru acceleratoarele hadronice și, respectiv, electron-pozitron.

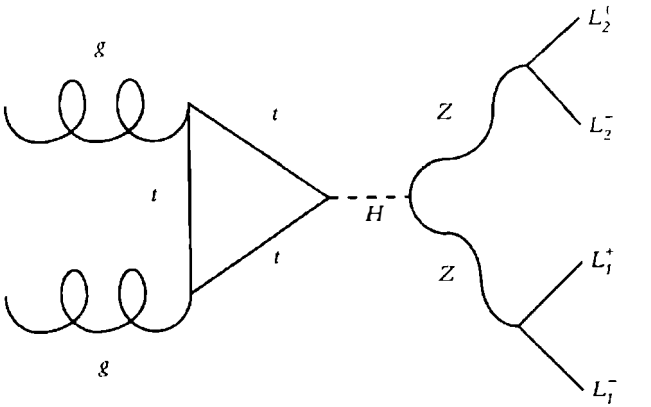


Fig. H.3. Diagramele Feynman corespunzătoare reacției primare de producere a bozonului Higgs într-un accelerator hadronic: fuziunea gluon-gluon (*gg*) prin intermediul unui triunghi de quarkuri top (*t*). Dezintegrările Higgs (*H*) au ca rezultat o pereche de bozoni *Z* care, la rândul lor, se dezintegrează într-o pereche de leptoni încărcați $(L_i^{\pm})$ – electroni sau nuoni (acest mod de dezintegrare nu este cel mai probabil, dar constituie cea mai clară „semnătură" a dezintegrării Higgs: „modul placat cu aur").

Voi prezenta analiza datorată lui Cabbibo și colaboratorilor lui ca să demonstrez de ce stabilitatea vidului implică o limită superioară pentru masele quarkului top și bozonului Higgs. Fie g_1 intensitatea cuplajului câmpului etalon $U(1)$, g_2 intensitatea cuplajului câmpului $SU(2)$, iar g_3 intensitatea cuplajului câmpului $SU(3)$. Cuplajul Yukawa al quarkului top se va scrie $g_t = \sqrt{2} m_t / \nu$, unde m_t reprezintă masa quarkului top, iar $\nu = \langle \phi \rangle$ reprezintă valoarea medie a câmpului Higgs. Potențialul scalar Higgs de nivel arbore, fără termenii β și Λ, este

$$U(\phi) = -\mu^2 \phi^\dagger \phi + \lambda (\phi^\dagger \phi)^2 \qquad \text{(H.15)}$$

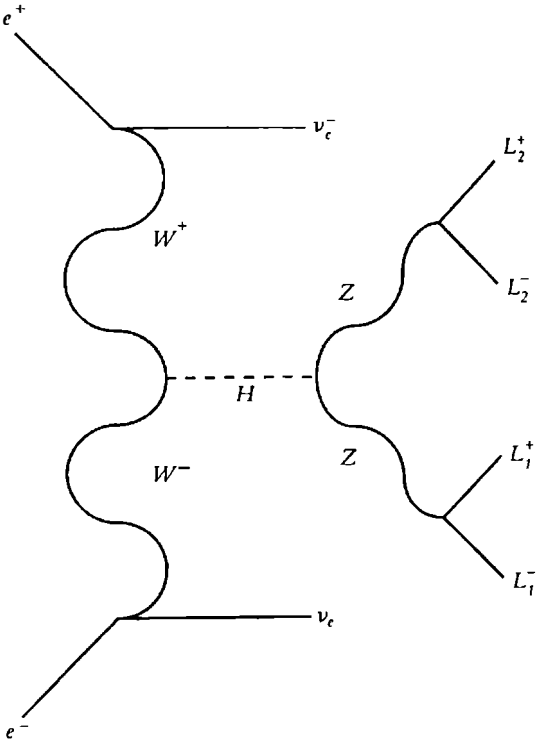


Fig. H.4. Diagrama Feynman corespunzătoare reacției primare de producere a bozonului Higgs într-un accelerator electron-pozitron, și anume fuziunea WW: electronul și pozitronul emit fiecare câte un bozon W, devenind astfel un neutrino ν_e^- sau un antineutrino ν_e, iar cei doi W se combină pentru a forma bozonul Higgs care, apoi, se dezintegrează în modul „placat cu aur". Pentru a produce un număr semnificativ de bozoni Higgs de masă 220 GeV este necesar [64] un accelerator cu $\sqrt{s} \simeq 500$ GeV; LEP II, care are $\sqrt{s} \simeq 200$ GeV, va fi incapabil să detecteze bozonii Higgs. Astfel că o asemenea mașină, cu energie suficientă ca să poată produce bozoni Higgs, nu se află în construcție și nici măcar nu s-a avansat o asmenea propunere; dar studiile referitoare la această problemă sunt în desfășurare.

La nivelul arbore, pentru masa Higgs m_H avem

$$m_H = \sqrt{2\lambda}\, v \tag{H.16}$$

Ecuațiile grupului de renormare controlează modificarea constantelor de cuplaj cu energia. Pentru o singură buclă, ecuațiile de grup de renormare corespunzătoare cuplajului câmpului etalon sunt

$$\begin{aligned} \frac{d}{dQ} g_1^2 &= \frac{41}{96\pi^2} g_1^4 \\ \frac{d}{dQ} g_2^2 &= -\frac{19}{96\pi^2} g_2^4 \\ \frac{d}{dQ} g_3^2 &= -\frac{7}{16\pi^2} g_3^4 \end{aligned} \tag{H.17}$$

unde am presupus că numărul de generații este 3, iar numărul de scalari complecşi este 1 şi unde $Q = \ln(E^2/E_0^2)$ pentru scalele energetice E şi E_0.

Ecuațiile de grup de renormare în cazul unei singure bucle, corespunzătoare cuplajului Yukawa al quarkului top şi autocuplajului λ al câmpului Higgs sunt, respectiv

$$\frac{d}{dQ} g_t = \frac{1}{16\pi^2}\left[\frac{9}{4} g_t^3 - 4 g_3^2 g_t - \frac{9}{8} g_2^2 g_t - \frac{17}{24} g_1^2 g_t\right] \tag{H.18}$$

$$\frac{d}{dQ}\lambda = \frac{1}{16\pi^2}\left[12\lambda^2 + 6\lambda g_t^2 - 3g_t^4 - \frac{3}{2}\lambda(g_1^2 + 3g_2^2) + \frac{3}{16}\{2g_2^4 + (g_1^2 + g_2^2)^2\}\right] \tag{H.19}$$

Ecuațiile (H.17) – (H.19) implică existența unei limite superioare în privința maselor bozonului Higgs şi quarkului top. Ca să înțelegem de ce este aşa, vom presupune că masele respective sunt foarte mici în comparație cu v. Aceasta implică faptul că λ este foarte mic, astfel că termenii din ecuația (H.19) care conțin λ pot fi neglijați şi, astfel, se ajunge la

$$\frac{d}{dQ}\lambda = \beta_\lambda \tag{H.20}$$

unde

$$\beta_\lambda = \frac{1}{16\pi^2}\left[-3g_t^4 + \frac{3}{16}\{2g_2^4 + (g_1^2 + g_2^2)^2\}\right] \qquad \text{(H.21)}$$

este (aproximativ) constantă. Integrând (H.20) până la energii de ordinul ϕ se obține

$$\lambda(\phi) = \lambda(E_0) + \beta_\lambda \ln(\phi^\dagger\phi / E_0^2) \qquad \text{(H.22)}$$

Înlocuind (H.22) în (H.15) se ajunge la potențialul scalar Higgs cu o singură buclă (dacă se definește $\phi^\dagger\phi \equiv \phi^2$)

$$U(\phi) = -\mu^2\phi^2 + \lambda\phi^4 + \beta_\lambda\phi^4 \ln(\phi^2 / E_0^2) \qquad \text{(H.23)}$$

Pentru stabilitatea vidului, termenul cu ordinul cel mai mare în potențialul scalar trebuie să prezinte un coeficient pozitiv. La nivelul arbore, acest lucru este realizat dacă $\lambda > 0$. Totuşi, la nivelul unei singure bucle, termenul cu logaritm reprezintă termenul de cel mai înalt ordin la energii mari, aşa că vidul va fi stabil numai în cazul în care

$$\beta_\lambda > 0 \qquad \text{(H.24)}$$

Întrucât $m_w = \frac{1}{2}g_2 v$ şi $m_z = \frac{1}{2}\sqrt{g_1^2 + g_2^2}\,v$, unde m_W şi m_Z reprezintă masele bozonului W şi, respectiv, bozonului Z, ecuația (H.24) poate fi scrisă (folosind $g_t = \sqrt{2}m_t / v$):

$$2m_w^4 + m_z^4 - 4m_t^4 > 0 \qquad \text{(H.25)}$$

de unde deducem că quarkul top trebuie să aibă o masă mai mică decât 78 GeV.

Ştim, desigur, că masa quarkului top este mult mai mare de atât, ceea ce înseamnă că ipoteza noastră, conform căreia masele bozonului Higgs şi quarkului top ar fi mici, este falsă. Dacă această ipoteză nu este corectă, atunci nu putem ignora termenii neliniari din ecuațiile (H.17) – (H.19) şi nu putem presupune că celelalte cuplaje rămân în mod esențial constante atunci când energia variază. Astfel, Cabbibo şi colaboratorii au integrat numeric (H.17) – (H.19) şi au arătat că, pentru ca vidul să fie stabil până la energia Planck, trebuie să existe o limită superioară atât pentru masa quarkului top, cât şi pentru masa bozonului Higgs.

Aceste valori sunt – după cum am arătat mai sus – $m_t = 185 \pm 20$ GeV şi $m_H = 220 \pm 20$ GeV.

Întrucât la codificarea informaţiei în materia normală câmpul Higgs va fi redus, se vor reduce astfel toate masele şi va trebui să vedem dacă aceasta nu va afecta funcţionarea computerelor.

Dacă se neglijează energiile cinetice ale nucleelor, hamiltonianul sistemului atomic general este

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m_e}\sum_i(\partial/\partial\vec{x}_i)\cdot(\partial/\partial\vec{x}_i) + e^2\Big[\sum_i\sum_j -Z_j/\left|\vec{x}_i - \vec{R}_j\right| +$$

$$+\tfrac{1}{2}\sum_{i<j}1/\left|\vec{x}_i - \vec{x}_j\right| + \tfrac{1}{2}\sum_{j<l} -Z_jZ_l/\left|\vec{R}_j - \vec{R}_l\right|\Big],$$

unde $\vec{x}_i$ reprezintă vectorul de poziţie al electronului cu numărul i, iar $\vec{R}_j$ este vectorul de poziţie al nucleului cu numărul j. Trecând la noile variabile $\vec{x}_i' = \vec{x}_i/a_0$, $\vec{R}_j' = \vec{R}_j/a_0$, unde a_0 este raza orbitei Bohr, hamiltonianul va fi

$$\hat{H} = \alpha^2 m_e c^2\Big[-\tfrac{1}{2}\sum_i(\partial/\partial\vec{x}_i')\cdot(\partial/\partial\vec{x}_i') + \sum_i\sum_j -Z_j/\left|\vec{x}_i' - \vec{R}_j'\right| +$$

$$+\tfrac{1}{2}\sum_{i<j}1/\left|\vec{x}_i' - \vec{x}_j'\right| + \tfrac{1}{2}\sum_{j<l} -Z_jZ_l/\left|\vec{R}_j' - \vec{R}_l'\right|\Big].$$

Astfel, dacă $\tilde{E}$ reprezintă energia stării proprii când α şi m_e devin $\tilde{\alpha}_e$ şi $\tilde{m}_e$, avem $\tilde{E}/\tilde{\alpha}^2$, $\tilde{m}_e = E/\alpha^2 m_e$, unde E reprezintă energia stării proprii iniţiale. Atunci când câmpul Higgs $\phi(t)$ redevine nul, masele nucleelor vor rămâne neschimbate, căci masele algebrice curente ale quarcilor sunt mici în comparaţie cu masele lor constituente, dar maselor electronilor sunt $m_e = g_e\phi(t)/\sqrt{2}$ şi, de aceea, neglijarea energiilor cinetice ale nucleelor ar fi mai bine justificată.

În general, avem

$$\tilde{E} = E[\phi(t)/\nu], \quad x_i = x_i[\nu/\phi(t)] \quad \text{şi} \quad \tilde{R}_i = R_i[\nu/\phi(t)],$$

(lungimile de etalonare sunt obţinute mult mai uşor pe baza atomului Bohr). Astfel că, pe măsură ce $\phi \to 0$, energiile proprii tind la infinit, în timp ce energiile interne relative ale sistemelor, ca şi dimensiunilé relative (de exemplu, $\tilde{x}_i/\tilde{x}_j, \tilde{x}_i/\tilde{R}_j, \tilde{R}_i/\tilde{R}_j$) rămân

aceleaşi. Deci, computerele care au la bază sistemele atomice vor rămâne intacte şi vor funcţiona normal în timpul tranziţiei (deşi reacţiile care necesită deplasarea întregului atom vor necesita spargerea multor legături atomice pentru eliberarea energiei) cu condiţia ca computerele să se afle în spaţiu şi să opereze în apropierea temperaturii fondului cosmic. (Cum masele nucleelor rămân neschimbate pe timpul tranziţiei, masa totală a computerului va rămâne aceeaşi, dar energia de legătură a structurii computerului va tinde la zero. Într-un câmp gravitaţional planetar computerul s-ar sfărâma. Cum $\tilde{E}_i / kT \to 0$, energiile termice vor creşte în raport cu cele de interacţie şi de legătură; o temperatură de lucru scăzută este esenţială.)

Cele mai noi date LEP conţin masa Higgs $m_H > 59{,}3$ GeV (95% grad de încredere) [49], iar ultimele date Tevatron includ o masă a quarkului top $m_t \geq 91$ GeV (cu un grad de încredere 95%) [50]. Ultimele date LEP [51] indică faptul că masa top-ului este, probabil, $m_t = 150^{+20.\ +16}_{-23.\ -19}$ GeV (erori 1σ), în timp ce prima incertitudine este experimentală, iar a doua este teoretică. Valoarea prezisă de mine pentru masa top-ului se încadrează în 1σ al datelor LEP. Cum secţiunea eficace de producere a $t\,\bar{t}$ în Tevatronul de 1,8 TeV cu $m_t = 185$ GeV se situează între 2 şi 4 pb [52], predicţia mea este că este puţin probabil ca Tevatronul 1992–1993, cu o luminozitate integrată de 100 pb^{-1}, să descopere quarkul top (dacă se iau în considerare eficienţele de detecţie [53]). Tevatronul va descoperi însă quarkul top atunci când va fi instalat noul injector principal. De vreme ce la producerea bozonului Higgs într-un accelerator de hadroni, în care dominante sunt fuziunile gluon-gluon (gg) cu $\sigma_{tot}(gg \to H) \cong 30 - 40$ pb când $\sqrt{s} = 17$ TeV [54, pp. 163 (fig. 3.32 şi 3.33) şi 172], rezultă un quark top cu masa 185 GeV, predicţia mea este că LHC ar putea foarte uşor să pună în evidenţă bozonul Higgs prin intermediul modului „placat cu aur" ($H \to ZZ \to L_1^+ L_1^- L_2^+ L_2^-$, $L = e$ sau μ) chiar dacă LHC ar avea o luminozitate inferioară, de 10^{33} / cm^2s, şi nu luminozitatea planificată, de 5×10^{34} / cm^2s. Dacă $m_H = 220$ GeV, atunci aproape toate dezintegrările Higgs sunt $H \to ZZ$ sau $H \to W^+ W^-$, astfel încât cu corecţiile spaţiului fazelor [54, p. 23] lărgimea totală

Higgs Γ_H este 2,1 GeV, adică aproximativ 1% din masa Higgs. De asemenea, $\frac{\Gamma(H \to Z_T Z_T)}{\Gamma(H \to Z_T Z_T)} = 0{,}55$, unde $Z_T(Z_L)$ sunt bozoni Z polarizați transversal (longitudinal); acest procentaj de dominare al polarizării longitudinale poate fi verificat.

Este util să se compare predicțiile mele privitoare la masele quarkului top şi bozonului Higgs cu cele obținute pe alte căi.

Alte două teorii prezic aceleaşi valori, ca şi Teoria Punctului Omega, pentru masele quarkului top: (1) o teorie [55] bazată pe SO(10) SUSY GUT, dezvoltată de Dimopoulos , Hali şi Raby şi (2) o teorie [56] a fizicienilor Bardeen, Hill şi Lindner de la Fermilab, teorie care face ipoteza că bozonul Higgs nu este căuşi de puțin o particulă fundamentală, ci mai curând o condensare $<\bar{t}\,t>$ legată printr-o nouă forță care transcende modelul standard. Astfel, pentru formularea predicțiilor lor, ambele teorii cer fizicii depăşirea modelul standard al fizicii particulelor, pe când Teoria Punctului Omega nu necesită asemenea cunoştințe. În plus, deşi ambele teorii oferă aceeaşi predicție referitoare la masa quarkului top ca şi Teoria Punctului Omega, ele sau nu impun nicio restricție asupra masei bozonului Higgs (cazul modelului SO(10) SUSY GUT), sau dau o valoare diferită a acesteia (cazul modelului condensării $<\bar{t}\,t>$). Astfel că diferența dintre Teoria Punctului Omega şi teoriile care îi fac concurență este dată de abordarea problemei bozonului Higgs.

Esențială este existența unui câmp Higgs universal nenul. Dacă masa este generată printr-un alt mecanism, atunci nu va exista nicio forță repulsivă care să facă să dispară orizonturile la modificări mici de temperatură, iar viața se va stinge. În principiu, această forță repulsivă îşi va face simțită prezența şi la tranziția de fază Weinberg-Salam şi, deci, ar putea fi detectată într-un accelerator de hadroni aşa cum este LHC, cu condiția să existe. De fapt, atât RHIC de la Brookhaven, cât şi LHC vor fi folosite pentru a testa tranziția de fază QCD la T = 300 MeV [59]. Din păcate, tranziția de fază Weinberg-Salam este cu trei ordine de mărime mai mare în ceea ce priveşte temperatura şi, cum densitatea de energie creşte cu T^4, tranziția de fază Weinberg-Salam ar necesita o creştere a lui $\sqrt{s}$ de 10^{12} ori peste energiile LHC.

John Ellis [57], fizician la CERN, a subliniat recent faptul că modelele sugerate de superstringuri duc la valori centrale $m_t = 124^{+26}_{-28}$ GeV, cu o limită superioară de aproximativ 1900 GeV. Modelul supersimetric minimal (MSSM) oferă (57) o predicție similară $m_t = 138^{+20}_{-23}$ GeV.

Până în momentul de față există două evenimente legate de quarkuri, semnalate de detectorul CDF de la Tevatron. Primul, provenit din activitatea din 1988–1989 a acceleratorului, implică [58] o masă a quarkului top egală cu $m_t = 132^{+32}_{-11}$ GeV. Al doilea, produs la 31 octombrie 1992 şi descris în capitolul 4, figura 4.10, implică [58] un quark top cu masă mai mare, în jur de 180 GeV. Primul dintre ele tinde să confirme predicția „superstring" şi/sau predicția MSSM referitoare la masa quarkului top, în timp ce cel de-al doilea tinde să confirme predicția mea, predicția SO(10) SUSY GUT şi predicția condensării $< \overline{t}\, t >$. Dacă primul eveniment ar fi real, atunci cu siguranță că vom mai fi martorii altora, pe la sfârşitul perioadei actuale de funcționare a Tevatronului în 1994. În acest caz, teoria care face obiectul lucrării de față se află în mare dificultate.

Îndată ce temperatura urcă peste 10 eV, informația este stocată sub formă de stări excitate în „cutia universului". Este uşor de demonstrat [6] că, pentru ca informația stocată în aceste stări să fie divergentă pe măsură apropierii de singularitatea finală, densitatea stărilor particulelor trebuie să fie divergentă cu energia (de vreme ce, în caz contrar, informația stocată ar fi ştearsă de fluctuațiile termice), dar nu mai rapid decât E^3, căci altfel, energia de forfecare s-ar repartiza stărilor inferioare lui E, iar pentru procesarea informației n-ar mai rămâne energia liberă.

Mai precis, restricția care face ca masa stărilor elementare să depăşească energia termică este exprimată astfel

$$m > kT \sim \frac{1}{R(t)} \tag{H.26}$$

(unde am exprimat raza medie e^{α} prin $R(t)$), în timp ce condiția ca energia stărilor particulare să fie mai mică decât energie de forfecare poate fi scrisă ca o restricție care acționează asupra densităților de energie:

$$Nm/V < \rho^2 \sim 1/t^2 \sim 1/R^6 \qquad \text{(H.27)}$$

unde am folosit viteza de creştere a densităţii de energie de forfecare din ultimele două etape, iar N este numărul total de stări de masă m. Când $V \sim R^3$, (H.27) devine

$$Nm/V \geq N(1/R)/R^3 \sim N/t^{4/3} \qquad \text{(H.28)}$$

astfel că numărul total de stări ale particulelor ar creşte ca $1/t^{2/3}$ fără ca astfel să se încalce limita energetică superioară. Noi aşteptăm ca informaţia totală stocată I_T să crească, în linii mari, cu N, astfel că, dacă creşterea cu energia a numărului de stări ale particulelor permite, divergenţa lui I_T poate fi la fel de rapidă ca şi cea a lui $1/t^{2/3}$. Dar energia stărilor particulelor nu poate creşte mai rapid decât atât fără ca prin aceasta să epuizeze stocul de energie. Să presupunem că $N \sim t^{-\epsilon}$, unde $0 < \epsilon < 2/3$. Amintindu-ne că, în apropierea singularităţii finale (extremitatea Taub/Kasner), $R(t) \sim t^{1/3}$ aproape întotdeauna, din (H.28) obţinem

$$m < V/Nt^2 \sim 1/Nt \sim t^{\epsilon-1} \qquad \text{(H.29)}$$

Inegalităţile (H.26) şi (H.29) pot fi combinate pentru a da restricţia asupra masei-energiei particulelor:

$$1/t^{1/3} < m < t^{\epsilon-1} \qquad \text{(H.30)}$$

Putem introduce scalele energiei în (H.30) dacă observăm că $1/t^{1/3} \sim 1/R(t) \sim kT \sim E$, unde E este energia reală a particulei măsurată în GeV. Atunci inegalitatea (H.30) devine

$$E < m < E^{3(1-\epsilon)} \qquad \text{(H.31)}$$

unde $0 < \epsilon < 2/3$. Inegalitatea finală (H.31) semnifică faptul că, pentru ca să fie satisfăcută Condiţia III, trebuie să existe o stare de energie aflată între limita superioară şi cea inferioară din (H.31). Mai mult, în medie numărul stărilor particulelor nu poate să crească mai rapid de cât E^3, căci, în caz contrar, producerea stărilor particulelor ar anula forfecarea.

În modelul universului deschis al lui Dyson [5], eliminarea căldurii reziduale constituie o dificultate majoră pentru ideea de viaţă în viitorul foarte îndepărtat. Aşa cum am arătat în capitolul 3, Dyson a tras concluzia că viaţa este restrânsă într-un

volum constant şi, deci, eliminarea căldurii se face prin iradierea în exteriorul respectivului volum.

Iradierea căldurii reziduale spre o regiune exterioară este absolut imposibilă într-un univers închis care a fost complet înghiţit de biosferă, căci pentru el nu există regiune exterioară. Iată de ce trebuie folosit un canal de scurgere care există concomitent cu viaţa. Evident că opţiunea o reprezintă fondul de radiaţie termică. În cazul în care căldura reziduală din procesarea informaţiei este preluată, pe măsură ce este generată, de către fondul de radiaţie, atunci densitatea de energie a fondului va creşte cu aceeaşi viteză ca şi densitatea de energie a sursei energetice, ceea ce înseamnă $E/V \sim t^{-2} \sim T^4$. Aceasta dă $T \sim t^{-1/2}$. În cazul universurilor închise dominate de forfecare, acest fapt presupune că temperatura va creşte din ce în ce mai rapid, pe măsură ce universul colapsează, şi anume cu $T \sim R^{-3/2}$, nu cu $T \sim R^{-1}$. Dacă se introduce în (H.12) această variaţie neadiabatică de temperatură, se găseşte că $\int T^{-1}(dE/dt)dt$ diverge ca $t^{-1/2}$. Aceasta înseamnă că, după toate aparenţele, căldura reziduală nu pune probleme procesării nelimitate a informaţiei într-un univers închis.

Am arătat că, pentru ca procesarea nelimitată a informaţiei să fie posibilă, nu trebuie să existe orizonturi de eveniment, căci ele ar împiedica comunicarea între diferitele părţi ale biosferei şi chiar între diferitele părţi ale aceluiaşi organism. Totuşi, ne putem pune întrebarea dacă este posibil ca un singur computer să proceseze o cantitate infinită de informaţie în regiunea cu care ar putea comunica şi care se micşorează în mod continuu cu o viteză mai mare decât viteza cu care descreşte regiunea amintită. Voi demonstra acum că este imposibil, căci pur şi simplu nu există suficientă energie în regiunea de comunicare.

La orice moment de timp cosmic t, regiunea din care observatorul γ poate recepţiona semnale este $J^+(\gamma) \cap S(t)$. În universul FRW, graniţa acestei regiuni este determinată de geodezicele radiale nule îndreptate spre interiorul ei, $ds^2 = 0$, ecuaţie care presupune că raza reală L a regiunii de comunicare descreşte ca $L \sim t$ în vecinătatea singularităţii finale $t = 0$. Aceasta înseamnă că volumul real al regiunii descreşte ca $V \sim L^3 \sim R^6(t)$ sau $R^{9/2}(t)$ în cazul universurilor FRW dominate de radiaţie ($R(t) \sim t^{1/2}$),

respectiv dominate de materie ($R(t) \sim t^{2/3}$). Dacă un univers ar fi dominat de forfecare ($R(t) \sim t^{1/3}$) şi ar avea o frontieră-c ca aceea a universului FRW, atunci $V \sim R^9(t)$. În aceste trei cazuri energia disponibilă ar creşte ca $R^2(t)$, $R^{3/2}$ şi, respectiv, $R^3(t)$. Astfel că orizonturile împiedică procesarea unei cantităţi infinite de informaţie, întrucât ecuaţia (H.12) implică necesitatea ca energia disponibilă să crească în vecinătatea singularităţii finale pentru ca procesarea informaţiei infinite să aibă loc.

Adâncimea optică va fi foarte mică în apropierea punctului omega. Voi arăta că este, totuşi, posibil să se transmită un număr infinit de biţi de informaţie dintr-o regiune a universului într-alta pe măsura apropierii de punctul omega. Voi presupune că transmiterea informaţiei în acest regim este guvernată de formula Shannon [60] corespunzătoare transmisiei informaţiei într-un canal în care există zgomot, $dI/dt \leq B \ln (1 + P_S/P_N)$, unde B este lărgimea de bandă a semnalului, P_S – puterea semnalului, iar P_N – puterea zgomotului. Pentru rapoarte semnal-zgomot mici, formula Shannon se reduce la:

$$\frac{dI}{dt} \leq \frac{BP_S}{P_N} = \frac{P_S}{kT} = \frac{(dE/dt)_S}{kT} \qquad \text{(H.32)}$$

unde în ultima fază am folosit relaţia Nyquist $P_N = BkT$ [61]. Mărimea din extremitatea dreaptă a ecuaţiei (H.32) seamănă cu integrandul din extremitatea dreaptă a ecuaţiei (H.12), iar cea din extremitatea stângă a ecuaţiei (H.32) seamănă cu mărimea din extremitatea dreaptă a ecuaţiei (H.12), numai că în (H.12) mărimile dE/dt şi T sunt măsurate pentru acelaşi eveniment, pe când modul de aplicare al lui (H.32) nu este clar pentru că temperatura, zgomotul semnalului şi puterea zgomotului se modifică de la emisia şi până la recepţia semnalului datorită deplasărilor spre albastru şi spre roşu pe direcţiile diferite de colapsare a universului spre Punctul Omega. Va fi, cel mai adesea, o deplasare spre albastru pentru că semnalele vor fi transmise, în general, pe direcţia de contracţie pentru care semnalele pot circumnaviga universul. Voi presupune că aceste deplasări cosmologice Doppler sunt luate în considerare în mod corespunzător, considerând că $(dE/dt)_S$ este puterea transmiţătorului, în timp ce

T este temperatura receptorului; aceasta înseamnă că transmiterea informației, permisă de formula Shannon, este redusă și mai mult față de cea dată de (H.12) prin factorul $R(t)$, de vreme ce temperatura variază ca $T \sim R^{-1}$. Introducând un factor suplimentar de $R(t)$ în estimarea integralei din extremitatea dreaptă a lui (H.12), observăm că $I_T = \int (dI/dt)dt$ este tot divergentă, deși la viteza redusă de $t^{-1/3}$ – divergența este numai de tip ln t dacă luăm în considerare și creșterea temperaturii datorată eliminării căldurii reziduale rezultate din procesarea și transmiterea informației – astfel încât este perfect posibil să se transmită un număr infinit de biți dintr-o parte a unui univers închis într-alta cu condiția ca universul să sfârșească într-un punct omega.

Ne-am putea întreba dacă formarea găurilor negre în epoca actuală sau în trecut face imposibilă existența unei singularități finale de tip punct omega. Dacă o gaură neagră presupune existența unui orizont de eveniment, atunci, desigur, nu poate fi vorba de un punct omega, căci, prin definiție, un punctul omega exclude existența orizonturilor de eveniment.

Totuși, nu orizonturile de eveniment, ci suprafețele noncosmologice blocate constituie trăsătura definitorie a găurilor negre [62]. Numai în spațiile asimptotic plate existența unei suprafețe blocate atrage după sine existența orizonturilor de eveniment [1]. Toate universurile FRW S^3, care recolapsează într-o singularitate într-un interval finit de timp propriu, prezintă, în faza de colapsare, suprafețe blocate. În particular, exemplele 2 și 3 din anexa F conțin, amândouă, suprafețe blocate și totuși ambele modele sfârșesc în puncte omega, deci nu prezintă orizonturi. Astfel că o „stea care astăzi colapsează formând o gaură neagră" nu înseamnă decât că colapsul stelar generează o suprafață blocată în foaia exfolierii de curbură medie constantă care ne traversează în momentul de față [63]. O traiectorie luminoasă care se propagă dinspre suprafața blocată nu va ajunge la noi decât târziu, în faza de recolaps al întregului univers, dar va ajunge la noi în cele din urmă. Suprafețele blocate din găurile negre actuale se vor contopi în final cu suprafețele blocate ale colapsului universului ca întreg. Niciuna dintre categoriile de suprafețe blocate nu va genera orizonturi de eveniment.

[1] S. W. Hawking and G. F. R. Ellis, *The Large Scale Structure of Space-time* (Cambridge University Press, Cambridge, 1973).

[2] R. Bartnik, *Commun. Math. Phys.* **117**, 615 (1988).

[3] J. E. Marsden and F. J. Tipler; *Phys. Rep.* **66**, 109 (1980).

[4] D. T. Wilkinson, *Science* **232**, 1517 (1986). Soarele se deplasează în mod obișnuit către constelația Leului (R.A. 11,2 ± 0,1 ore, Dec. −7 ± 2 grade) cu cca 360 km/s în raport cu acest sistem de referință al universului [4]. În relativitatea generalizată, toate sistemele de referință sunt egale, dar unele sisteme de referință sunt mai egale decât altele.

[5] F. J. Dyson, *Rev. Mod Phys.* **51**, 447 (1979).

[6] F. J. Tipler, *Int. J. Theo. Phys.* **25**, 617 (1986).

[7] A. D. Linde, *Phys. Lett.* **B211**, 29 (1988).

[8] F. J. Tipler, *Phys. Lett.* **B286**, 36 (1992).

[9] A. D. Linde, *Phys. Lett.* **B227**, 352 (1989).

[10] A. D. Linde, *Particle Physics and Inflationary Cosmology* (Harwood, Chur, 1990).

[11] A. D. Linde, *Inflation and Quantum Cosmology* (Academic, Boston, 1990).

[12] F. J. Tipler, *Zygon* **24**, 217 (1989).

[13] A. D. Linde, *Nuc. Phys.* B **372**, 421 (1992).

[14] A . Vilenkin, *Phys. Rev.* D **46**, 2355 (1992).

[15] X. Lin and R. M. Wald, *Phys. Rev.* D **40**, 3280 (1989).

[16] M. P. Ryan and L. C. Shepley, *Homogeneous Relativistic Cosmologies* (Princeton University Press, Princeton, 1975).

[17] C. H. Bennett, R. Landauer, R. P. Feynman et al., *Procedings of the International Conference on Computation,* in *Int. J. Theo. Phys.* **21**, Nos. 3/4, 6/7, and 12 (1982); C. H. Bennett, R. Landauer et al., *Phys. Rev. Lett.* **53**, 1202 (1984).

[18] R. Landauer, *Nature* **335**, 779 (1988).

[19] C. W. Misner, *Phys. Rev. Lett.* **22**, 1071 (1969).

[20] C. W. Misner, *Ap. J.* 151, 431 (1968).

[21] J. D. Barrow and F. J. Tipler, Mon. *Not. R. Astr. Soc.* **216**, 395 (1985); F. J. Tipler, in *Proceedings of the 13th Texas Symposium on Relativistics Astrophysics,* ed. by M. P. Ulmer (World Scientific Publications, Singapore, 1987), p. 122. O afirmație mai exactă ar fi aceea că un univers închis care satisface condiția slabă a energiei, $\Lambda \geq 0$, și care respectă ecuațiile lui Einstein nu va recolapsa fără ca topologia să devină

$$[S^3]_1 \# [S^3]_2 \# .. \# [S^3]_n \# k(S^2 \times S^1)$$

unde $[S^3]_i$ este o varietate care este acoperită de o homotopie sferică tridimensională, „#" însemnând suma conexă, iar $k(S^2 \times S^1)$ însemnând suma conexă a cópiilor k din $(S^2 \times S^1)$.

[22] E. M. Lifshitz, I. M. Lifshitz, and I. M. Khalatnikov, *Sov. Phys. JETP* **32**, 173 (1971); A. G. Doroshkevich and I. D. Novikov, *Sov. Astron. AJ* **14**, 763 (1971); A.G. Doroshkevich, V. N. Lukash, and I. D. Novikov, *Sov. Phys. JETP* **33**, 649 (1971).

[23] J. D. Barrow, *Phys. Rep.* **85**, 1 (1982).

[24] T. Shinbrot, E. Ott, C. Grebogi, and J. A. Yorke, *Phys. Rev. Lett.* **65**, 3215 (1990).

[25] T. Shinbrot , W. Ditto, C. Grebogy, E. Ott, M. Spano, and J. A. Yorke, *Phys. Rev. Lett.* **68**, 2863 (1992).

[26] G. Börner, *The Early Universe* (Springer, Berlin, 1988), pp. 33-43.

[27] A. Sandage, A. Saha, G. Tammann, N. Panagia, and F. D. Macchetto, *Ap. J. Lett.* **401**, L7 (1992) au obținut $H_0 = 51 \pm 9$ km/s-mpc. Cu toate acestea, în prezent, majoritatea experților în cosmologie optează pentru $H_0 = 95$ km/s-mpc. O astfel de valoare ridicată ar anula Teoria Punctului Omega, deoarece aceasta ar implica $t_{acum} \leq 7{,}0 \times 10^9$ ani, dacă $\Omega_0 > 1$.

[28] A. H. Guth, *Phys. Rev.* **D 23**, 347 (1981).

[29] W. C. House, editor, *Laser Beam Information Systems* (Petrocelli Books, New York, 1978); Sanjay Ranade,

Mass Storage Technologies (Meckler, Westport, CT, 1991); S. Middelhoek, P. K. George, and P. Dekker, *Physics of Computer Memory Devices* (Academic Press, New York, 1976).

[30] S. A. Bludman, *Nature* **308**, 319 (1984).

[31] S. Weinberg, *Rev. Mod. Phys.* **61**, 1 (1989).

[32] T. Futamase, T. Rothman, and R. Matzner, *Phys. Rev.* **D39**, 405 (1989).

[33] T. Futamase, *Phys. Rev.* **D29**, 2783 (1984).

[34] L. F. Chen and B. L. Hu, *Phys. Lett.* **B160**, 36 (1985). Termenul $\beta^2\phi^2$ se obține numai pentru modelele Bianchi de tip I în [37] și [38], dar tipul IX oferă același rezultat (B. L. Hu, raport privat).

[35] T. Rothman and G. F. R. Ellis, *Phys. Lett.* **B180**, 19 (1986).

[36] W.-H. Huang, *Class. Quantum Grav.* **8**, 83 (1991).

[37] R. Critchley and J. S. Dowker, *J. Phys.* **A14**, 1943 (1981).

[38] M. Sher, *Phys. Rev.* **D22**, 2989 (1980).

[39] A.H. Guth and M. Sher, *Nature* **302**, 505 (1983).

[40] V. Petrosian, *Nature* **298**, 805 (1982).

[41] D. A. Kirzhnits and A. D. Linde, *Ann. Phys.* **101**, 195 (1976). Condiția lor $\lambda \ll g^2 \sim g_1^2 + g_2^2$ ($\leftrightarrow m_H \ll 260$ GeV) este violată, astfel că este posibilă o tranziție de ordinul doi.

[42] N. Turok, *Phys. Rev. Lett.* **68**, 1803 (1992).

[43] N. Turok and J. Zadrozny , *Nucl. Phys.* **B369**, 729 (1992).

[44] J. Ellis, A.D. Linde, M. Sher, *Phys. Lett.* **B252**, 203 (1990).

[45] M. Sher, *Phys. Rep.* **179**, 273 (1989).

[46] N. Cabibbo, L. Maiani, G. Parsi, and R. Petrozio, *Nuc. Phys.* **B158**, 295 (1979).

[47] M.E. Carrington (preprint TPI-MINN-91/48-T) calculează faptul că tranziția de fază Weinberg-Salam este puternică în ordinul întâi cu masele Higgs în apropierea valorii de 60 GeV. Un studiu pe structură cristalină efectuat de B. Bunk, E.-M. Ilgenfritz, J. Kripfganz, and A.Schiller [*Phys. Lett.* **B284**, 371 (1992)] confirmă faptul că rezultă

perturbația și că tranziția de fază este slabă în ordinul întâi cu $m_H < M_W$, devenind și mai slabă pe măsură ce m_H crește.

[48] M. Shaposhnikov [*Phys. Lett.* **B277**, 324 (1992)] a argumentat faptul că o soluție a Modelului Standard la problema genezei barionilor impune ca masa Higgs să fie mai mică de 67 GeV. Cu toate acestea, acest număr provine din condiția ca niciun număr barionic generat să nu fie ulterior distrus de finalul tranziției de fază – pe care Shaposhnikov o presupune ca fiind de ordinul întâi. Cu o tranziție de ordinul al doilea, n-ar fi nicio problemă cu distrugerea, dar teoriile bariogenezei din Modelul Standard propuse până acum impun o tranziție de ordinul întâi pentru CP și efecte de violare a numărului barionic. Teoria Punctului Omega impune ca tranziția de fază Weinberg-Salam să fie de ordinul al doilea sau foarte slabă în ordinul întâi, astfel încât dacă se demonstrează faptul că bariogeneza este imposibilă fără o tranziție de ordinul întâi, atunci Teoria Punctului Omega se află într-o serioasă dificultate.

[49] A. Sopczak, in *Proceedings of the 15th International Warsaw Conference, 25-29 May 1992* (to be published). Din analiza preliminară a tuturor datelor LEP din 1991. Cea mai recentă limită superioară *publicată* pentru masa bozonului Higgs este 57,7 GeV cu un grad de încredere de 95% este dată în Adriani et. al *Phys. Lett.* **B303**, 391 (1993).

[50] F. Abe et. al., *Phys. Rev. Lett.* **68**, 447 (1992).

[51] C. P. Ward, in *Proceedings of the 15th International Warsaw Conference, 25-29 May 1992* (to be published). Din analiza preliminară a tuturor datelor LEP din 1991.

[52] R. K. Ellis, *Phys. Lett.* **B259**, 492 (1991).

[53] K. Sliwa in *Proceedings of the 4th International Symposium on Heavy Flavour Physics, June 25-29 1991* estimează că luminozitatea integrată a Tevatronului de 100 pb^{-1} poate găsi quarkul top numai dacă $m_t < 170$ GeV, care acoperă extrema inferioară a predicției mele de 185 ± 20 GeV.

[54] J. Gunion, H. Haber, G. Kane, and S. Dawson, *The Higgs Hunter's Guide* (Addison-Wesley, New York, 1990).

[55] S. Dimopoulos, L. J. Hall, and S. Raby, *Phys. Rev. Lett.* **68**: 1984 (1992).

[56] W. A. Bardeen, C. T. Hill, and M. Lindner, *Phys. Rev.* **41**, 1647 (1990).

[57] J. Ellis, in *Proceedings of the 16th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, 13-18 December 1992*, to be published.

[58] J. Peoples, private comunication.

[59] H. Satz, *Nuc. Phys.* **A544**, 371c (1992).

[60] C. E. Shannon and W. Weaver 1949. *The Mathematical Theory of Communication* (University of Illnois Press, Urbana).

[61] L. Brillouin 1963, *Science and Information Theory.* (Academic, New York).

[62] F. Tipler, *Nature* **270**, 500 (1977).

[63] A. Qadir and J. A. Wheeler, *Nuc. Phys. B* (Proceeding Supplements) **6**, 345 (1989).

[64] S. L. Glashow and E. E. Jenkins, *Phys. Lett.* **B206**, 522 (1988).

I. Interpretarea Lumilor-Multiple din mecanica cuantică

Voi prezenta aici doar o scurtă introducere în Interpretarea Lumilor-Multiple (numite, mai corect, Istorii-Multiple). Pentru o dezvoltare mult mai detaliată, cititorului interesat i se recomandă lucrarea lui DeWitt şi Graham [1], capitolul 7 din lucrarea mea redactată împreună cu John Barrow [2] şi articolul meu despre „Interpretarea funcţiei de undă a universului" [3].

Ideea de la care porneşte Interpretarea Lumilor-Multiple (ILM) este că evoluţia se produce mereu prin intermediul ecuaţiei Schrödinger

$$i\hbar\frac{d\psi}{dt} = \hat{H}\psi \qquad \text{(I.1)}$$

unde $\hat{H}$ este operatorul hamiltonian. Acest operator descrie atât obiectul suspus măsurătorii, cât şi aparatul de măsură. În cadrul ILM oamenii, ca şi alte fiinţe vii, nu reprezintă decât tipuri de dispozitive de măsură, aşa încât pot fi complet descrişi printr-un hamiltonian.

Cum operatorul hamiltonian este autoadjunct, $e^{-i\hat{H}t/\hbar} \equiv \equiv \sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-i\hat{H}t/\hbar)^n}{n!}$ are semnificaţie matematică şi, astfel, ecuaţia (I.1) poate fi integrată pentru a obţine

$$\Psi(\vec{x},t) = e^{-i\hat{H}t/\hbar}\,\Psi(\vec{x},t_0) \qquad \text{(I.2)}$$

unde $\Psi(\vec{x},t_0)$ reprezintă valoarea funcţiei de undă la momentul iniţial t_0. Întrucât prin specificarea la orice moment iniţial peste tot în spaţiu se *determină* funcţia de undă la orice moment de timp, mecanica cuantică pe care o presupune ILM este mai deterministă chiar decât mecanica newtoniană, pentru că în mecanica cuantică eşecul determinismului, posibil în mecanica newtoniană (vezi anexa G), nu se poate produce. (În reprezentarea datorată lui Heisenberg mecanica cuantică este în mod şi mai evident deterministă, de vreme ce în acest formalism funcţia de undă nu se modifică niciodată!)

Voi prezenta ILM realizând o analiză matematică riguroasă a experimentului pisicii lui Schrödinger, schițat în capitolul 5. Esența acestui experiment constă într-un sistem cuantic cu două stări posibile, dintre care una nu are niciun efect asupra pisicii, iar a doua îi provoacă moartea. Voi folosi dispozitivul Stern-Gerlach pentru a genera acest sistem cuantic.

În cazul dispozitivului Stern-Gerlach un fascicul de atomi, fiecare cu câte un electron neîmperecheat, traversează un câmp magnetic neomogen, ca în figura I.1.

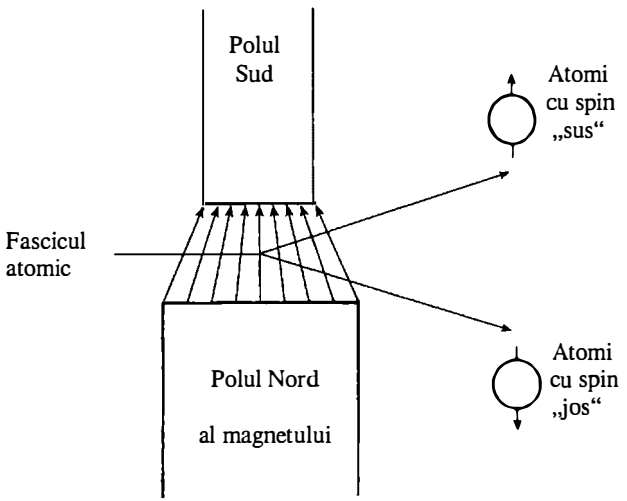


Fig. I.1. Aparatul Stern-Gerlach. Un fascicul de atomi cu un număr impar de electroni intră într-un câmp magnetic neomogen, venind din partea stângă. În starea fundamentală, toți electronii în afară de unul se vor împerechea pentru a-și anula spinii. Câmpul magnetic neomogen va exercita o forță asupra electronului neîmperecheat, determinând deplasarea atomului în sus – dacă electronul are spin „sus" – și în jos, dacă electronul are spin „jos". Astfel încât fasciculul care se deplasează în sus constă în întregime din atomi ai căror electroni neîmperecheați au spin „sus", iar fasciculul care se deplasează în jos constă în întregime din atomi ai căror electroni neîmperecheați au spin „jos".

Aşa cum se vede în figura I.1, atomii ai căror electroni neîmperecheaţi au spinul „sus" se deplasează în sus, în timp ce atomii ai căror electroni neîmperecheaţi au spinul „jos" se deplasează în jos. Vom nota funcţia de undă a unui electron cu spin „sus" prin $|\uparrow\rangle$, iar funcţia de undă a unui electron cu spin „jos" prin $|\downarrow\rangle$.

Toate măsurătorile corelează stări ale sistemului măsurat cu stări ale aparatului de măsură. De fapt, aparatul Stern-Gerlach poate fi privit ca un dispozitiv de măsurare a spinului electronului neîmperecheat: el efectuează această măsurătoare forţând o corelaţie între spinul electronului şi centrul de masă al atomului. Astfel că funcţia de undă a sistemului electron-atom poate fi scrisă ca un produs între starea electronului şi mişcarea atomului: $|mişcare\ atomică\rangle_A\,|spin\rangle_e$. (Indicii din dreapta simbolurilor ket desemnează ket-ul corespunzător atomului, respectiv pe cel corespunzător electronului.) Starea iniţială a sistemului este, evident,

$$|mişcare \rightarrow\rangle_A\,|spin\rangle_e \tag{I.3}$$

unde $|mişcare \rightarrow\rangle_A$ semnifică faptul că atomul se deplasează de la stânga spre dreapta.

Operatorul hamiltonian, $\hat{H}_{SG}$, corespunzător părţii relevante a aparatului Stern-Gerlach, este definit prin efectul său asupra stărilor de bază:

$$\hat{H}_{SG}\,|mişcare \rightarrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e = |mişcare \uparrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e$$

$$\hat{H}_{SG}\,|mişcare \rightarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e = |mişcare \downarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e \tag{I.4}$$

unde $|mişcare \uparrow\rangle_A$ semnifică faptul că atomul prezintă, în plus faţă de mişcarea de la stânga la dreapta, şi o deplasare în sus, iar $|mişcare \downarrow\rangle_A$ semnifică faptul că atomul prezintă o mişcare în jos. (De fapt, tranziţia (I.4) este indusă de operatorul liniar unitar din (I.2) şi nu direct de hamiltonian, dar vom ignora acest amănunt tehnic nerelevant.)

Să presupunem că atomii care se deplasează în sus cad pe un detector ce activează un ciocan; acesta loveşte recipientul cu

gaz cianic, gaz care ucide pisica. Dacă atomii se deplasează în jos, detectorul nu declanşează nicio acţiune, iar pisica rămâne în viaţă. Astfel că mai există aici doi hamiltonieni suplimentari, $\hat{H}_D$ şi $\hat{H}_{CAT}$, care acţionează asupra stării detector–gaz cianic $|\rangle_D$ şi, respectiv, asupra stării pisicii $|\rangle_{CAT}$. Ca şi în cazul atomilor, aceşti operatori sunt definiţi şi în cazul atomilor, aceşti operatori sunt definiţi de efectul lor asupra stărilor de bază:

$$\hat{H}_D\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|\textit{mişcare}\uparrow\rangle_A = |\uparrow\rangle_D\,|\textit{mişcare}\uparrow\rangle$$

şi

$$\hat{H}_D\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|\textit{mişcare}\uparrow\rangle_A = |\uparrow\rangle_D\,|\textit{mişcare}\uparrow\rangle_A \qquad \text{(I.5)}$$

defineşte operatorul $\hat{H}_D$, unde $|\mathrm{N}\rangle_D$ este starea iniţială neutră a sistemului detector–gaz cianic.

Cuplajul pisică–sistem format din detector şi gaz cianic va fi deci

$$\hat{H}_{CAT}\,|\textit{pisică vie}\rangle_{CAT}\,|\uparrow\rangle_D = |\textit{pisică moartă}\rangle_{CAT}\,|\uparrow\rangle_D$$

$$\hat{H}_{CAT}\,|\textit{pisică vie}\rangle_{CAT}\,|\downarrow\rangle_D = |\textit{pisică vie}\rangle_{CAT}\,|\downarrow\rangle_D \qquad \text{(I.6)}$$

Starea iniţială a „lumii" – întregul univers al experimentului – este atunci

$$|\textit{pisică vie}\rangle_{CAT}\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|\textit{mişcare}\rightarrow\rangle_A\,|\textit{spin}\rangle_e \qquad \text{(I.7)}$$

Să presupunem că trimitem fasciculul atomic printr-un al doilea aparat Stern-Gerlach şi apoi trecem fasciculul de sus prin sistemul descris mai sus. Să ne amintim că fasciculul de sus a selectat electronul cu spin „sus". Ştiu ce s-ar întâmpla: pisica ar muri cu siguranţă. Matematic,

$$\hat{H}_{CAT}\hat{H}_D\hat{H}_{SG}\,|\textit{pisică vie}\rangle_{CAT}\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|\textit{mişcare}\rightarrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e =$$

$$[\,\hat{H}_{CAT}\,|\textit{pisică vie}\rangle_{CAT}\,]\,[\,\hat{H}_D\,|\mathrm{N}\rangle_D\,]\,[\,\hat{H}_{SG}\,|\textit{mişcare}\rightarrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e\,] =$$

$$[\,\hat{H}_{CAT}\,|\textit{pisică vie}\rangle_{CAT}\,]\,[\,\hat{H}_D\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|\textit{mişcare}\uparrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e\,] =$$

$$[\hat{H}_{CAT}\,|\,pisică\ vie\rangle_{CAT}\,|\uparrow\rangle_D\,|\,mişcare\ \uparrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e] =$$

$$|\,pisică\ moartă\rangle_{CAT}\,|\uparrow\rangle_D\,|\,mişcare\ \uparrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e \qquad \text{(I.8)}$$

Să presupunem acum că trecem prin sistem fasciculul de jos din cel de-al doilea aparat Stern-Gerlach. Cum fasciculul de jos are spinul electronic „jos", ştim din nou cu certitudine ce s-ar întâmpla: pisica ar trăi. Din punct de vedere matematic,

$$\hat{H}_{CAT}\hat{H}_D\hat{H}_{SG}\,|\,pisică\ vie\rangle_{CAT}\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|\,mişcare\ \rightarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e =$$

$$[\,\hat{H}_{CAT}\,|\,pisică\ vie\rangle_{CAT}]\,[\,\hat{H}_D\,|\mathrm{N}\rangle_D]\,[\,\hat{H}_{SG}\,|\,mişcare\ \rightarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e] =$$

$$[\,\hat{H}_{CAT}\,|\,pisică\ vie\rangle_{CAT}]\,[\,\hat{H}_D\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|\,mişcare\ \downarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e] =$$

$$[\,\hat{H}_{CAT}\,|\,pisică\ vie\rangle_{CAT}\,|\downarrow\rangle_D\,|\,mişcare\ \downarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e] =$$

$$|\,pisică\ vie\rangle_{CAT}\,|\downarrow\rangle_D\,|\,mişcare\ \downarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e \qquad \text{(I.9)}$$

Ce se întâmplă în ecuaţiile de mai sus este evident: certitudinea spinului original al electronului este transmisă dintr-o parte a sistemului fizic într-alta.

Să rotim cel de-al doilea aparat Stern-Gerlach cu 90° şi să trimitem prin el un *singur* atom. Aparatul Stern-Gerlach rotit nu va mai opera selecţia spinilor „sus" şi „jos", ci va selecta spinii „stânga" $|\leftarrow\rangle_e$ sau „dreapta" $|\rightarrow\rangle_e$. Astfel că atomul va trece prin cel de-al doilea aparat Stern-Gerlach deplasându-se sau spre stânga sau spre dreapta; să presupunem că se deplasează spre dreapta. (Acest lucru se poate determina fără a afecta starea sistemului atomic, folosind un al treilea aparat SG, dar să nu ne facem probleme în legătură cu această complicaţie.) Sistemul atom–electron se află, deci, în starea

$$|\,mişcare\ \rightarrow\rangle_A\,|\rightarrow\rangle_e \qquad \text{(I.10)}$$

Întrucât, în conformitate cu mecanica cuantică standard

$$|\rightarrow\rangle_e = \frac{1}{\sqrt{2}}\,(|\uparrow\rangle_e + |\downarrow\rangle_e)$$

efectul trecerii stării (I.10) prin aparatul Stern-Gerlach original este surprinzător:

$$\hat{H}_{SG}\,|mişcare \rightarrow\rangle_A\,|\rightarrow\rangle_e] = \hat{H}_{SG}\,|mişcare \rightarrow\rangle_A\,[\frac{1}{\sqrt{2}}\,(|\uparrow\rangle_e + |\downarrow\rangle_e)] =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\,(|mişcare\uparrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e + |mişcare\downarrow\rangle_A\,|\downarrow\rangle_e) \qquad \text{(I.11)}$$

Funcția de undă reprezintă o sumă de două stări. Aceasta înseamnă că atomul s-a „împărțit" în două: un atom se află în starea

$$|mişcare\uparrow\rangle_A$$

iar celălalt în starea

$$|mişcare\downarrow\rangle_A$$

Această implicație este datorată liniarității operatorului $\hat{H}_{SG}$, ca și cerinței ca, dacă electronul are, cu certitudine, spinul „sus" (sau „jos") înaintea măsurării spinului pe verticală, atunci dispozitivul care măsoară spinul (aparatul Stern-Gerlach) să constate absolut *cert* că spinul este „sus" (sau „jos").

În plus, împărțirea se va propaga spre pisică:

$$\hat{H}_{CAT}\hat{H}_D\hat{H}_{SG}\,|pisică\ vie\rangle_{CAT}\,|\mathrm{N}\rangle_D\,|mişcare \rightarrow\rangle_A\,[\frac{1}{\sqrt{2}}\,(|\uparrow\rangle_e + |\downarrow\rangle_e)] =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\,(|pisică\ moartă\rangle_{CAT}\,|\uparrow\rangle_D\,|mişcare\uparrow\rangle_A\,|\uparrow\rangle_e) +$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\,(|pisică\ vie\rangle_{CAT}\,|\downarrow\rangle_D\,|mişcare\downarrow_A\,|\downarrow\rangle_e) \qquad \text{(I.12)}$$

Astfel că există două „lumi": într-una dintre ele pisica este moartă, iar în cealaltă pisica este vie. Dacă sistemului i se adaugă un om – care să constate dacă pisica este vie sau moartă – atunci interacția omului cu sistemul pisicii va obliga omul să se împartă la rândul lui. Alți oameni care l-ar privi pe primul și pisica s-ar diviza și ei în două lumi: într-una dintre ele toți ar vedea pisica vie și ar fi de acord că trăiește, iar în cealaltă toți ar vedea pisica moartă și ar fi de acord că este moartă.

Interpretarea Lumilor-Multiple ne este impusă de următoarele trei ipoteze:

(1) toate sistemele – inclusiv ființele umane – sunt sisteme cuantice;

(2) evoluția temporală este în totalitate liniară, guvernată fiind de ecuația Schrödinger; și

(3) toate aparatele de măsură funcționează așa cum trebuie. Dacă, de exemplu, pisica este moartă (într-o stare proprie de „moarte"), atunci orice dispozitiv care funcționează corect trebuie să ne spună că pisica este moartă. În particular, dacă dispozitivele de măsură sunt reprezentate de oameni, atunci în cazul în care pisica este cu adevărat moartă, toți oamenii care „funcționează corect" trebuie să vadă pisica moartă. (Toți oamenii care „funcționează incorect" sunt deversați într-un spital de boli mintale.)

Referințe bibliografice

[1] DeWitt, Bryce, and Neil Graham 1973. *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics.* Princeton: Princeton University Press.

[2] Barrow, John D., and Frank J. Tipler 1986. *The Anthropic Cosmological Principle.* Oxford: Oxford University Press.

[3] Tipler; Franck J., 1986. *Physics Reports* **137**: 231.

J. Pachetele cuantice de undă şi progrese în biologia evoluționistă

Un exemplu de distribuție de frecvență care se compară ciclic – dar care în primă instanță arată ca o dezvoltare a unei distribuții inițial înguste – este distribuția de probabilitate a unui oscilator unidimensional cuantic. Dacă starea inițială a oscilatorului este

$$\psi(x,0) = N\exp\left[-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_0^2}\right] \tag{J.1}$$

unde $x_0 > 0$, N este o constantă de normare, iar σ_0 este deviația standard față de distribuția gaussiană, atunci distribuția de probabilitate ca funcție de timp este

$$|\psi(x,t)|^2 =$$

$$= N^2\left(\cos^2\omega t + \left[\frac{\hbar/m\omega}{\sigma_0^2}\right]^2 \sin^2\omega t\right)^{-1/2} \exp\left[\frac{-(x-x_0\cos\omega t)^2}{\sigma_0^2\left(\cos^2\omega t + \left[\frac{\hbar/m\omega}{\sigma_0^2}\right]^2 \sin^2\omega t\right)}\right] \tag{J.2}$$

evident periodică cu perioada $2\pi/\omega$.

În cazul particular în care $\sigma_0^2 = \hbar/m\omega$, funcția de undă inițială şi distribuția de probabilitate ca funcție de timp vor fi

$$\psi(x,0) = N\exp\left[-\frac{m\omega}{2\hbar}(x-x_0)^2\right] \tag{J.3}$$

şi

$$|\psi(x,t)|^2 = N^2\exp\left[-\frac{m\omega}{\hbar}(x-x_0\cos\omega t)^2\right] \tag{J.4}$$

care oscilează fără modificarea formei. Acest caz particular este ceea ce găsim, de obicei, în manualele de mecanică cuantică.

Distribuția de frecvență EQ a lui Gould (definită în capitolul 3) arată exact ca evoluția în timp a pachetului de undă de incertitudine minimă pentru o particulă liberă; altfel spus, ca

evoluția în timp a unei particule care se deplasează spre dreapta cu viteză constantă. O astfel de mișcare reprezintă, de fapt, *modelul standard al progresului constant!* Privind datele lui Gould (vezi mai jos) un fizician ar trage imediat concluzia: „Un exemplu clar de progres continuu, uniform."

Funcția de undă inițială a unei particule libere care se deplasează spre dreapta cu impulsul constant $p_0 > 0$ și prezentând incertitudine minimă (altfel spus, pachetul de undă satisface $\Delta p \Delta x = \hbar/2$) este

$$\psi(x,0) = N \exp\left[-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_0^2} - \frac{ip_0 x}{\hbar} \right] \qquad \text{(J.5)}$$

Pentru această funcție de undă inițială distribuția de probabilitate ca funcție de timp este

$$|\psi(x,t)|^2 = N^2 \exp\left(1 + \frac{t^2\hbar^2}{m^2\sigma_0^4} \right)^{-1/2} \exp\left[-\frac{(x - x_0 - p_0 t/m)^2}{\sigma_0^2(1+\hbar^2 t^2/m^2\sigma_0^4)} \right] \qquad \text{(J.6)}$$

Lărgimea (deviația standard) distribuției de probabilitate se supune ecuației

$$\sigma(t) = (\sigma_0/\sqrt{2})\ (1+\hbar^2 t^2/m^2\sigma_0^4)^{1/2} \qquad \text{(J.7)}$$

Viteza de grup a pachetului de undă al particulei este o constantă, anume $v_{grup} = p_0/m$, adică viteza clasică a unei particule libere. În orice manual de mecanică cuantică veți găsi reprezentarea grafică a ecuației (J.6); vezi, de exemplu, figura 4.1 din lucrarea lui Leighton, 1959, la pagina 147. Este *exact* figura la care Gould s-a referit ca să atace ideea de progres (figura 4 din Gould, 1988), adică figura (13.12) din Jerison 1973, p. 315.

Gould ar putea obiecta că pachetul de undă de mai sus pornește de la ipoteza că x este definit pentru valori negative, ceea ce este adevărat. Este clar, totuși, că dacă $x_0 \gg \sigma_0$, atunci coada gaussienei cu $x \leq 0$ are efect neglijabil. În plus, acest lucru se poate confirma cu ușurință cuantificând atât oscilatorul armonic, cât și particula liberă pe linia de mijloc – adică se presupune că $\psi(x,t)$ are suport numai în $(0,+\infty)$. O metodă este aceea a imaginilor: se

suprapun două pachete de undă de forma (J.5), unul cu maxim la $x_0 > 0$ şi deplasându-se spre dreapta (impulsul $p_0 > 0$), iar celălalt cu minim (şi nu maxim) la $-x_0$ şi deplasându-se spre stânga (impulsul $-p_0$). De exemplu, fie

$$\psi(x,0) = \psi_1(x,0) + \psi_2(x,0) \tag{J.8}$$

unde

$$\psi_1(x,0) = N\exp\left[-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_0^2} - \frac{ip_0x}{\hbar}\right] \tag{J.9}$$

adică, ecuaţia (J.5), şi

$$\psi_2(x,0) = -N\exp\left[-\frac{(x+x_0)^2}{2\sigma_0^2} + \frac{ip_0x}{\hbar}\right] \tag{J.10}$$

Semnul minus din faţa lui N în ecuaţia (J.10) face ca această superpoziţie să satisfacă în mod manifest $\psi(0,0) = 0$, iar ecuaţia Schrödinger va păstra această condiţie la frontieră, astfel încât $\psi(0,t) = 0$. Când se calculează $\psi(x,t)$ pentru $x > 0$ se observă, într-adevăr, că existenţa frontierei la $x = 0$ afectează mişcarea particulei numai în imediata vecinătate a acestei frontiere. La distanţă mare de frontieră, caracteristicile calitative ale mişcării distribuţiei de probabilitate definită de (J.8) sunt aceleaşi cu cele ale mişcării distribuţiei de probabilitate definită de (J.5). Distribuţiile gaussiene din figura lui Gould satisfac în mod vizibil $x_0 \gg \sigma_0$, astfel că efectele la frontieră sunt neglijabile în datele furnizate de el.

Să observăm că, atunci când ωt este foarte mic, $\cos \omega t \approx 1$ şi $\sin \omega t \approx \omega t$, astfel că, în limita intervalelor mici de timp, ecuaţia (J.2) se reduce la ecuaţia (J.6) cu $p_0 = 0$. În această limită, $|\psi(x,t)|^2$ evaluează ca o particulă liberă cu viteză nulă; tot ce se întâmplă este că distribuţia se împrăştie, maximul şi linia sa mediană rămânând pe loc. Dacă se păstrează termenii de ordinul al doilea din ωt, comportarea în timp a lui (J.2) este foarte asemănătoare lui (J.6) cu $p_0 > 0$. Cu alte cuvinte, distribuţia (J.2), care este în mare periodică, începe ca o particulă care progresează spre dreapta. Numai folosind o teorie valabilă global se pot

interpreta datele pentru a decide dacă sistemul progresează sau este, în fond, periodic.

Acelaşi lucru este valabil şi pentru datele lui Gould. Din ceea ce este dat – evoluția într-un interval mai mic de 100 milioane ani – se pare că EQ progresează.

Referințe bibliografice

Gould, Stephan J. 1988. „On Replacing the Idea of Progress with an Operational Notion of Directionality." *In Evolutionary Progress,* ed. Matthew H. Nitecki, 319-38. Chicago: University of Chicago Press. Jerison, Harry J. 1973. *Evolution of the Brain and Intelligence.* New York: Academic Press.

Leighton, Robert B. 1959. *Principles of Modern Physics.* New York: McGraw-Hill.

K. Haos în mecanica cuantică

Argumentul clasic împotriva haosului în mecanica cuantică constă în faptul că funcția de undă este o funcție aproape periodică de timp [1–5]. Însă, după cum am văzut în anexa E, acest argument porneşte de la premisa că energia este limitată şi că funcția de undă este restrânsă la o regiune finită din spațiul configurațiilor. Voi demonstra că niciuna dintre aceste premise nu este în mod necesar valabilă în cosmologia cuantică. Ceva mai târziu, în anexa M, voi arăta că dacă se impune Condiția la Limită a Punctului Omega, atunci energia nu poate prezenta limită superioară. Aceasta înlătură argumentul adus împotriva haosului în cosmologia cuantică.

Să considerăm un exemplu simplu de haos în relativitatea generalizată, un exemplu de haos pentru care analogul newtonian este nonhaotic. Divergența exponențială a geodezicelor în timp real finit – indiciul haosului – este dată de unele congruențe ale geodezicelor temporale în spațiu-timpul Schwarzschild cu $r < 2m$. Metrica este

$$ds^2 = \frac{-d\mathcal{T}^2}{\left(\frac{2m}{\mathcal{T}} - 1\right)} + \left(\frac{2m}{\mathcal{T}} - 1\right) dr^2 + \mathcal{T}^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \qquad \text{(K.1)}$$

unde $0 < \mathcal{T} < 2m, 0 \le r < +\infty, 0 \le \theta \le \pi, 0 \le \phi < 2\pi$. Curbele cu (r, θ, ϕ) = constant sunt geodezice de tip temporal normale la hipersuprafețele omogene de tip spațial $\mathcal{T}$ = constant. Să considerăm două asemenea geodezice care prezintă aceleaşi valori fixate (θ, ϕ). Distanța spațială reală între ele la orice moment de timp $\mathcal{T}$ este

$$\Delta r \sqrt{\frac{2m}{\mathcal{T}} - 1} \qquad \text{(K.2)}$$

care diverge spre $+\infty$ pentru orice Δr inițial când $\mathcal{T} \to 0$. Variația de timp real t între oricare două valori ale timpului de coordonate $(\mathcal{T}_i, \mathcal{T}_f)$ este dată de

$$\Delta t = t_f - t_i = \int_{\tau_i}^{\tau_f} \frac{d\mathcal{T}}{\sqrt{\frac{2m}{\mathcal{T}} - 1}} = 2m \left[\cos^{-1} \sqrt{\frac{\mathcal{T}}{2m}} + \sqrt{\frac{\mathcal{T}}{2m}\left(1 - \frac{\mathcal{T}}{2m}\right)} \right]_{\mathcal{T}_i}^{\mathcal{T}_f} \qquad \text{(K.3)}$$

Dar, întrucât $(\frac{2m}{\mathcal{T}} - 1)^{-1/2} \leq 1$ pentru $\mathcal{T} \leq m$, avem $\Delta t(\mathcal{T}) \leq \Delta\mathcal{T}$ pentru toți $\mathcal{T} \leq m$, astfel încât la $\mathcal{T} = 0$ în apropierea singularității se scurge mai puțin timp real. Astfel că distanța spațială reală dintre geodezicele de tip temporal diverge spre infinit în timp real finit.

Volumul tridimensional real definit de toate geodezicele de tip temporal normale la hipersuprafețele $\mathcal{T}$ = constant este

$$V(\mathcal{T}) = \int \sqrt{g_{rr} g_{\theta\theta} g_{\phi\phi}}\, dr\, d\theta\, d\phi = 4\pi \mathcal{T}^2 \Delta r \sqrt{\frac{2m}{\mathcal{T}} - 1} \qquad \text{(K.4)}$$

Astfel $V(\mathcal{T}) \propto \mathcal{T}^{3/2}$ în apropiere de $\mathcal{T} = 0$, astfel încât $V(\mathcal{T}) \to 0$ când $\mathcal{T} \to 0$.

În contrast cu divergența, mai rapidă decât cea exponențială, a distanței spațiale reale dintre o congruență geodezică de tip temporal în apropierea singularității $\mathcal{T} = 0$ (aceeași cu singularitatea Schwarzschild $r = 0$) din relativitatea generalizată, divergența corpurilor care cad liber în câmpul gravitațional newtonian radial *nu* diverge exponențial cu r. În schimb divergența orbitelor particulelor care cad liber, pe direcție radială, spre un punct material newtonian este asemenea unei *puteri* a timpului newtonian. În cazul gravitației newtoniene nu există divergență exponențială a orbitelor radiale vecine când $r \to 0$.

Se consideră [3–5], în general, că în mecanica cuantică nu există traiectorii divergente pentru că nu există traiectorii de niciun fel. Toate „traiectoriile" se contopesc datorită principiului de nedeterminare Heisenberg. Dar acest lucru nu este adevărat. Cu mulți ani în urmă David Bohm [6] și Louis de Broglie [7,8] au arătat că ecuația Schrödinger poate fi scrisă sub forma unor ecuații corespunzătoare traiectoriilor unei particule, traiectorii „ghidate" de „unde pilot". Mai târziu J.S. Bell [9] (cel cu celebra teoremă) a reluat formalismul și, împreună cu Bohm și de Broglie, a încercat

să îl folosească pentru a construi o nouă interpretare a mecanicii cuantice. Interpretarea undelor pilot este inconsistentă [10], dar formalismul oferă o metodă simplă şi elegantă de a descrie istoriile multiple din Interpretarea Lumilor-Multiple.

Să considerăm ecuaţia Schrödinger pentru o particulă

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + V(\vec{x})\psi \qquad \text{(K.5)}$$

Dacă substituim [11, p. 280]

$$\psi = \mathcal{R}\exp\,(i\varphi/h) \qquad \text{(K.6)}$$

în (K.5), unde funcţiile $\mathcal{R} = \mathcal{R}\,(\vec{x},t)$ şi $\varphi = \varphi(\vec{x},t)$ sunt reale, obţinem

$$\frac{\partial\mathcal{R}}{\partial t} = -\frac{1}{2m}\left[\mathcal{R}\nabla^2\varphi + 2\vec{\nabla}\mathcal{R}\cdot\vec{\nabla}\varphi\right] \qquad \text{(K.7)}$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -\frac{(\vec{\nabla}\varphi)^2}{2m} - V + \left(\frac{\hbar^2}{2m}\right)\frac{\nabla^2\mathcal{R}}{\mathcal{R}} \qquad \text{(K.8)}$$

Ecuaţia (K.8) este clasica ecuaţie Hamilton-Jacobi corespunzătoare unei singure particule care se deplasează într-un potenţial

$$U = V - \left(\frac{\hbar^2}{2m}\right)\frac{\nabla^2\mathcal{R}}{\mathcal{R}} \qquad \text{(K.9)}$$

Normalele la suprafeţele de fază constantă, date de $\varphi(\vec{x},t) = \text{constant}$, definesc traiectorii: acele curbe cu tangente

$$\vec{\nabla}\varphi = \frac{\hbar}{2im}\ln\left(\frac{\psi}{\psi^*}\right) = \text{Re}\left[\left(\frac{\hbar}{i}\right)\ln\psi\right] \qquad \text{(K.10)}$$

Suprafeţele de fază constantă sunt „undele pilot". Dar în teoria cuantică ele nu ghidează o singură particulă aşa cum o fac în teoria clasică. În schimb ghidează un ansamblu infinit de particule, fiecare dintre ele având impulsul $\vec{p} = m\vec{\nabla}\varphi$: toate traiectoriile definite de (K.10) sunt reale în mecanica cuantică. Aici, o dată în plus, este vorba de Lumile-Multiple. Dacă efectuăm o măsurătoare, vedem o singură particulă, dar în realitate există un număr infinit de particule – o infinitate de istorii – prezente fizic.

Propun să căutăm haosul în mecanica cuantică cercetând separarea traiectoriilor definită de undele pilot. Densitatea traiectoriilor se conservă, căci este dată de $\rho = \psi\psi^*$, satisfăcând

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \left(\rho \frac{\vec{\nabla} \varphi}{m} \right) = 0 \qquad \text{(K.11)}$$

adică (K.7) scrisă altfel.

Dacă $\nabla^2 \mathcal{R} = 0$ şi $\mathcal{R} \neq 0$ (dacă $\mathcal{R}$ este pretutindeni regulat şi prezintă frontiere, atunci aceasta implică $\mathcal{R}$ = constant), atunci ecuaţia cuantică (K.8) reprezintă ecuaţia clasică Hamilton-Jacobi pentru potenţial. Astfel că în acest caz traiectoriile cuantice sunt chiar traiectorii clasice. Voi prezenta în anexa L un model cosmologic cuantic exact, în cadrul căruia condiţiile impuse asupra lui $\mathcal{R}$ sunt valabile, astfel că asemenea condiţii de frontieră au semnificaţie fizică. Modelul este cel al oscilatorului armonic simplu, care nu este haotic, dar dacă astfel de condiţii de frontieră ar putea fi impuse asupra unui sistem clasic cu un potenţial $V(\vec{x})$ astfel încât să implice divergenţa exponenţială haotică a traiectoriilor vecine – traiectoriile cuantice corespunzătoare ar fi ele, în mod necesar, haotice. Nu ar exista nici o incompatibilitate cu teorema de aproape periodicitate de vreme ce o astfel de condiţie de frontieră ar presupune că sistemul nu prezintă frontieră: $\rho = |\psi|^2$ = constant pe un spaţiu infinit.

S-au depus eforturi [12–16] pentru a se demonstra divergenţa exponenţială a liniilor de curent din fluidele incompresibile guvernate de ecuaţiile Navier-Stokes, dar fluidele incompresibile sunt analoage cazului ρ = constant.

Cazul interesant, în care ne-am aştepta ca traiectoriile să fie afectate de haos chiar atunci când sistemul clasic nu este haotic (!), este acela pentru care $\nabla^2 \mathcal{R} / \mathcal{R} \neq 0$ şi $\mathcal{R} \neq 0$. În acest caz este posibil ca $|\nabla^2 \mathcal{R} / \mathcal{R}| \to +\infty$ în timp finit, dacă $\mathcal{R} \to 0$, în timp ce $|\nabla^2 \mathcal{R}|$ prezintă frontiere şi nu se află în apropiere de zero, iar un potenţial care diverge suficient de rapid *poate* determina traiectoriile cuantice să fie divergente. Dacă traiectoriile cuantice ar fi haotice în cazul unui sistem care prezintă frontiere, atunci ar trebui să avem $\nabla^2 \mathcal{R} \neq 0$ şi $\mathcal{R} = 0$ într-un anumit punct din spaţiu în timp

finit şi asta pentru a evita incompatibilitatea cu teorema de aproape periodicitate. Dacă iniţial $\mathcal{R} \neq 0$ şi sistemul evoluează spre $\mathcal{R} = 0$ în timp finit, atunci transformarea (K.6) nu este bine definită pentru $\mathcal{R} = 0$, astfel încât ecuaţiile (K.7) şi (K.8) îşi pierd valabilitatea. Teorema de aproape periodicitate se aplică ecuaţiei (K.5), care nu este echivalentă cu sistemul format din (K.7) şi (K.8) în cazul în care acestea îşi pierd valabilitatea. Cum potenţialul (K.9) este neliniar, el *ar putea* duce la haos chiar şi atunci când potenţialul clasic asociat nu o face. O încetare a valabilităţii unei ecuaţii în timp finit presupune că situaţia poate fi analoagă haosului din geometria Schwarzschild descrisă mai sus; exponenţii Lyapunov nu pot fi definiţi, căci ei implică o limită de timp infinită.

Analiza efectuată de mine asupra haosului cuantic are multe în comun cu abordarea „semiclasică". Această abordare foloseşte şi ea traiectorii de fază. Principala diferenţă constă în aceea că analiza mea este în totalitate cuantică; abordarea semiclasică se ocupă de comportarea sistemelor cuantice în limita $\hbar \to 0$. În sistemele semiclasice apar adesea caustice în funcţia Green, făcând necesară corecţia de difuzare Gutzwiler. În cosmologia cuantică aceasta nu este necesară. Aşa cum se va vedea în modelul cuantic din anexa L, ceea ce ar putea reprezenta caustice în funcţia Green constituie, de fapt, singularităţi fizice: nu există extensie fizică pe aceste singularităţi. Aceasta ar putea fi o consecinţă a simetriei înalte a modelului, dar în cadrul Condiţiei la Limită a Punctului Omega presupun că aceasta este o caracteristică generală în cosmologia cuantică. De asemenea, presupun că $\mathcal{R} \neq 0$ de-a lungul oricărei traiectorii de fază. Dacă într-un anume punct de pe traiectorie $\mathcal{R} = 0$, atunci – aşa cum am spus mai înainte – faza nu ar fi bine definită. După cum vom vedea în anexa M şi după cum am arătat în capitolul 8, Condiţia la Limită a Punctului Omega impune acest lucru.

O altă abordare a haosului în mecanica cuantică constă în a adopta imaginea datorată lui Heisenberg, în care funcţia de undă nu se modifică, şi a căuta haosul în operatorii versiunii cuantificate a unui sistem haotic clasic. Se identifică [17,18] fenomene care pot fi considerate „haotice", dar – nici nu mai este cazul să

spunem – numai în limita termodinamică, adică numai în cazul sistemelor fără frontieră spațială.

Întrucât în Teoria Punctului Omega cosmologia cuantică nu prezintă frontiere în spațiul fazelor, întrucât pot fi identificate funcții de undă universale ale căror traiectorii cuantice sunt aceleași cu traiectoriile clasice și întrucât traiectoriile cosmologice clasice sunt haotice (așa cum vom vedea în anexa H), pare rezonabil să presupunem că haosul cerut de viața veșnică va exista chiar și în versiunea cuantică a Teoriei Punctului Omega.

Referințe bibliografice

[1] T. Hogg and B. A. Huberman, *Phys. Rev.* **A28**, 22 (1983).

[2] S. Fishman, D. R. Grempel, and R. E. Prange, *Phys. Rev. Lett.* **49**, 509 (1982).

[3] Heinz G. Schuster, *Deterministic Chaos, Second Edition* (VCH Publishers, New York, 1988).

[4] Roderick V. Jensen, *Nature* **355**, 311 (1992).

[5] M. V. Berry, *Proc. R. Soc.* **A413**, 183(1987).

[6] D. Bohm, *Phys. Rev.* **85**, 166 & 180 (1952); *Phys. Rev* **89**, 458 (1953).

[7] L. de Broglie, *Non-Linear Wave Mechanics: A Causal Interpretation* (Amsterdam: Elsevier, 1960).

[8] L. de Broglie, *The Current Interpretation of Wave Mechanics: A Criticai Study*, (Amsterdam: Elsevier, 1964).

[9] J. S. Bell, in *Quantum Gravity 2: A Second Oxford Symposium,* ed. R. Penrose and D. W. Sciama (Oxford: Oxford University Press, 1981).

[10] F. J. Tipler, *Phys. Lett.* **A103**, 188 (1984).

[11] M. Jammer, The *Philosophy of Quantum Mechanics,* (New York: Wiley, 1974).

[12] R. Temam, *Navier-Stokes Equations and Non-Linear Functional Analysis* (Philadelphia: SIAM, 1983).

[13] P. Constantin, C. Foias, O. P. Manley and R. Temam, *J. Fluid Mech.* **150**, 427 (1985).

[14] P. Constantin, C. Foias, and R. Teman, *Mem. Amer. Math. Soc.* **53**, 1 (1985).

[15] P. Constantin, C. Foias, *Comm. Pure and Applied Math.* **38**, 1 (1985).

[16] P. Constantin, C. Foias, *Navier-Stokes Equations* (Chicago: University of Chicago Press, 1988).

[17] A. Connes, H. Narnhofer, and W. Thirring, *Comm. Math. Phys.* **112**, 691 (1987).

[18] H. Narnhofer, A. Pflug, and W. Thirring, in *Symmetry in Nature,* Volume II, ed. Gilberto Bernardini (Pisa: Scuola Normale Superiore, 1989).

L. Modelul mini-superspațiu cuantic cu un Punct Omega

În teoria cuantică a gravitației, funcția de undă a universului se supune ecuației Wheeler-DeWitt [1,2]

$$\hat{\mathcal{H}}\,\Psi = 0 \qquad \text{(L.1)}$$

unde $\hat{\mathcal{H}}$ este operatorul super-hamiltonian. Acest operator conține echivalentul derivatelor în raport cu timpul din ecuația Schrödinger. Spun „echivalent" pentru că teoria cuantică a gravitației nu conține timpul ca variabilă independentă. Sunt folosite, în schimb, alte variabile – materia sau metrica spațială – ca repere de timp. Cu alte cuvinte, timpul *reprezintă* variația mărimilor fizice. În funcție de variabila aleasă pentru măsurarea timpului, intervalul de timp dintre prezent și singularitatea inițială sau finală poate fi finit sau infinit – dar acest lucru ne este familiar din relativitatea generalizată clasică.

Ecuația Wheeler-DeWitt este prea complicată ca să poată fi rezolvată complet, așa că fizicienii au hotărât să o restrângă la un număr finit de variabile – acest spațiu este numit *mini-superspațiu.* Un model de mini-superspațiu care să reproducă riguros figura 5.4 se poate obține după cum urmează.

Dacă materia are forma unui fluid perfect, acțiunea S în formalismul ADM poate fi scrisă

$$S = \int (\mathcal{R} + p)\sqrt{-g}\,d^4x = \int L_{ADM}\,dt \qquad \text{(L.2)}$$

unde p este presiunea fluidului, iar $\mathcal{R}$ este scalarul Ricci. În ipoteza că spațiu-timpul este un univers Friedmann care conține fluide perfecte izoentropice, Lapchinskii și Rubakov [3] au arătat că se pot alege ca variabile canonice (R, ϕ, s), unde R este factorul de scală al universului, iar ϕ, s sunt parametrizări particulare ale variabilelelor fluidelor numite *potențiale Schutz* [4]. Impulsurile conjugate ale acestor variabile canonice vor fi (p_R, p_ϕ, p_s).

Se poate demonstra că lagrangeanul ADM ca funcție de aceste variabile este

$$L_{ADM} = p_R R' + p_\phi \phi' + p_s S' - N(H_g + H_m) \tag{L.3}$$

unde accentul denotă derivata în raport cu timpul,

$$H_g = -\frac{p_R^2}{24R} - 6R \tag{L.4}$$

este super-hamiltonianul pur gravitațional, iar

$$H_m = N^2 R^3 \left[(\rho + p)(u^0)^2 + p g^{00} \right] = p_\phi^\gamma R^{3(1-\gamma)} e^s \tag{L.5}$$

reprezintă atât densitatea de energie măsurată de un observator care se deplasează și el, cât și super-hamiltonianul materiei. Impulsul conjugat al lui R, factorul de scală al universului, este

$$p_R = -\frac{12RR'}{N} \tag{L.6}$$

Ecuația de constrângere pentru universul Friedmann se obține substituind (L.3)–(L.5) în (L.2) și variind pasul N. Rezultatul constă în restricția asupra super-hamiltonianului.

$$0 = \mathcal{H} = H_g + H_m = -\frac{p_R^2}{24R} - 6R + p_\phi^\gamma R^{3(1-\gamma)} e^s \tag{L.7}$$

Când fluidul perfect este reprezentat de radiație, ultimul termen este $H_m = p_\phi^{4/3} e^s / R$ și astfel, dacă alegem impulsul conjugat al timpului *real* τ

$$p_\tau = p_\phi^{4/3} e^s \tag{L.8}$$

atunci restricția asupra super-hamiltonianului devine

$$0 = \mathcal{H} = -\frac{p_R^2}{24R} - 6R + \frac{p_\tau}{R} \tag{L.9}$$

Hamiltonianul ADM este obținut din $H_{ADM} = p_\tau$, sau

$$H_{ADM} = \frac{p_R^2}{24R} + 6R^2 \tag{L.10}$$

adică tocmai hamiltonianul unui oscilator armonic simplu. Pasul N este fixat prin rezolvarea ecuației Hamilton

$$\tau' = 1 = \frac{\partial[N(H_g + H_m)]}{\partial p_\tau} = \frac{N}{R} \qquad \text{(L.11)}$$

care ne spune că $N = R$; ceea ce înseamnă că timpul *real* este chiar timpul conformal şi tocmai de aceea l-am notat cu τ.

Dacă realizăm cuantificarea înlocuind $p_\tau \to \hat{p}_\tau = -i\partial/\partial\tau$ şi $p_R \to \hat{p}_R = -i\partial/\partial R$, inversând direcția timpului $\tau \to -\tau$ în restricția asupra super-hamiltonianului (L.9), ecuația Wheeler-DeWitt (L.1) devine (dacă ignorăm problemele legate de ordonarea factorilor) ecuația Schrödinger corespunzătoare oscilatorului armonic simplu cu masa $m = 12$, constanta elastică $k = 12$ şi frecvența unghiulară $\omega = 1$:

$$i\frac{\partial\Psi}{\partial\tau} = -\frac{1}{24}\frac{\partial^2\Psi}{\partial R^2} + 6R^2\Psi \qquad \text{(L.12)}$$

Funcția de undă a universului $\Psi(R,\tau)$ din acest mini-superspațiu este o funcție de două variabile, factorul de scală al universului, R, şi timpul conformal τ.

Dacă se impune condiția *finală* (!) de frontieră

$$\Psi(0,\pi) = \delta(R) \qquad \text{(L.13)}$$

$$\left[\frac{\partial\Psi(R,\tau)}{\partial R}\right]_{R=0} = 0 \qquad \text{(L.14)}$$

atunci funcția de undă rezultată este cea reprezentată în figura 5.4. (Se presupune că funcția de undă nu are suport pentru $R < 0$. Totuşi, nu putem obține aceasta impunând condiția la frontieră DeWitt $\Psi(0,\tau) = 0$, fiindcă ea contrazice (L.13). Dar (L.14) este suficientă pentru ca hamiltonianul SHO pe semidreapta $R \in [0,+\infty)$ să fie autoadjunct; pentru o analiză a problemei vezi [2].) Funcția de undă care satisface condițiile de frontieră (L.13) şi (L.14) reprezintă tocmai funcția Green $G(R, \tilde{R}, \tau)$ definită pe toată

dreapta reală pentru un oscilator armonic simplu, R fiind egalat cu zero. Astfel că funcția de undă este:

$$\Psi(R,\tau)=\left[\frac{6}{\pi L_p \sin\tau}\right]^{1/2}\cdot \exp\left[\frac{i6R^2 ctg\tau}{L_p^2}-\frac{i\pi}{4}\right] \qquad \text{(L.15)}$$

unde L_p este lungimea Planck. Această funcție de undă este definită numai pentru un timp conformal finit: $0\le\tau\le\pi$. (Singularitatea inițială şi cea finală *se află* în domeniul funcției de undă!)

Să observăm că modulul funcției de undă (L.15) este independent de factorul de scală al universului, R. Cum factorul de scală joacă rolul „poziției spațiale" în ecuația oscilatorului armonic simplu (L.12), avem $\nabla^2 R=0$ şi, din discuția asupra traiectoriilor de fază din anexa K, se vede că traiectoriile de fază, corespunzătoare funcției de undă (L.15), reprezintă traiectoriile clasice pentru un oscilator armonic simplu. Ceea ce înseamnă că traiectoriile de fază sunt toate de forma

$$R(\tau)=R_{\max}\sin\tau \qquad \text{(L.16)}$$

care sunt, de asemenea, toate soluțiile clasice ale ecuațiilor Einstein de câmp pentru un univers Friedmann dominat de radiație.

Putem arăta prin calcul direct că traiectoriile de fază sunt date de (L.16). Întrucât în unități de măsură naturale $L_p=1$, faza φ este $\varphi=6R^2\,\mathrm{ctg}\,\tau-\frac{\pi}{4}$, avem $\nabla\varphi=\partial\varphi/\partial R=12R\,\mathrm{ctg}\,\tau$. Tangentele sunt definite prin $p_R=\nabla\varphi$, ceea ce implică

$$\frac{1}{R}\frac{dR}{d\tau}=\mathrm{ctg}\,\tau \qquad \text{(L.17)}$$

folosind (L.6), $N=R$ şi $\tau\to-\tau$. Soluțiile lui (L.17) sunt (L.16).

Cu condiția la frontieră (L.13), sunt prezente *toate* razele corespunzătoare expansiunii maxime, R_{max}; toate traiectoriile clasice sunt prezente în această funcție de undă. Vedem, aşadar, că în condiția la frontieră (L.13), atât traiectoriile de fază, cât şi funcția de undă încep cu o singularitate inițială şi sfârşesc într-o singularitate finală. Cu alte cuvinte, cu această funcție de undă

comportamentul cuantic al universului este acelaşi cu cel clasic. Singularităţile sunt la fel de reale şi într-un caz şi în celălalt.

Voi prezenta acum un model simplu de mini-superspaţiu cu un punct omega. Voi construi acest model pe baza spaţiu-timpului Friedmann clasic, ceea ce înseamnă că, aşa cum am arătat în anexa F, presiunea în cazul fiecărei istorii clasice trebuie să fie negativă. Cum o atare situaţie este lipsită de semnificaţie fizică (cu excepţia cazului în care temperatura universală este apropiată de temperatura camerei, aşa cum am arătat în anexa H), nu mă voi osteni să construiesc un super-hamiltonian pentru acest univers cuantic.

Metrica clasică a unui univers Friedmann dominat de radiaţie este

$$ds^2 = -\sin^2(\tau)d\tau^2 + \sin^2(\tau)\left[d\chi^2 + \sin^2(\chi)\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2\right)\right] \quad \text{(L.18)}$$

în timp ce, aşa cum am văzut în exemplul 2 din anexa F, o metrică clasică simplă pentru un univers Friedmann care sfârşeşte într-un punct omega este

$$ds^2 = -dt^2 + \sin^2(t)\left[d\chi^2 + \sin^2(\chi)\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2\right)\right] \quad \text{(L.19)}$$

Unica diferenţă dintre (L.18) şi (L.19) este scala de timp. Aşadar, un exemplu de funcţie de undă pentru cosmologia cuantică, care satisface condiţiile la frontieră (L.13) şi (L.14) şi pentru care toate traiectoriile de fază sfârşesc într-un punct omega, este (L.15) în care timpul conformal a fost înlocuit de timpul real de-a lungul traiectoriilor de fază.

$$\psi(R,t) = \left[\frac{6}{\pi L_p \sin t}\right]^{1/2} \exp\left[\frac{i6R^2 \operatorname{ctg} t}{L_p^2} - \frac{i\pi}{4}\right] \quad \text{(L.20)}$$

Substituţia $\tau \rightarrow t$ *nu* este banală. În cazul timpului conformal τ, ştim că timpul este măsurat de modificările combinaţiei (L.8) ale potenţialelor Schutz şi impulsurilor lor. Mărimile fizice care măsoară timpul real t în (L.20) sunt total diferite. Nu voi încerca să le calculez, căci metrica clasică (L.19) nu reprezintă o soluţie a ecuaţiilor Einstein cu un tensor rezonabil din punct de

vedere fizic. Dar traiectoriile de fază ale lui (L.20) sunt, ca şi cele ale lui (L.15),

$$R(t) = R_{max} \sin t \qquad \text{(L.21)}$$

Am putea construi un model, mai realist al mini-superspațiului cu un punct omega prin combinarea funcției de undă (L.15) cu funcția de undă (L.19) la momentul maximei expansiuni pentru toate traiectoriile, exact aşa cum s-a procedat în cazul universului clasic din exemplul 3, anexa F. Într-un astfel de model de mini-superspațiu toate traiectoriile de fază ar începe de la o frontieră-c trecută cu topologie S^3 şi toate ar sfârşi într-un punct omega.

Referințe bibliografice

[1] Barrow, John D. and F. J. Tipler 1986. *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press.

[2] Tipler, F. J. 1986, *Physics Reports* **137**: 231.

[3] Lapchinskii, V. G. and V. A. Rubakov 1977. *Theoretical and Mathematical Physics* **3**: 1076.

[4] Schutz, B. F. 1971. *Physical Review* **D4**: 3559.

M. Condiția la Limită a Punctului Omega impusă funcției de undă universale

Viața trebuie să fie pregătită să continue până va ajunge arbitrar de aproape de singularitatea finală. Definiția „vieții" dată în anexa H s-a bazat pe conceptul clasic de spațiu-timp şi are dreptate cel care se îndoieşte de valabilitatea acestor noțiuni în apropierea singularității finale, când raza universului este mai mică decât lungimea Planck L_P.

Dar ar trebui, oare, să considerăm că L_P reprezintă limita de valabilitate a ideii de spațiu-timp? În anii 1930, atât Bethe, cât şi Heitler [1], conformându-se părerii generale, susțineau că „teoria cuantică este, fără nicio îndoială, incorectă în cazul electronilor ... de energie înaltă (probabil pentru $E > 137\, m_e c^2$)". Motivația lor: lungimea de undă de Broglie a unui electron de asemenea energie este mai mică decât raza clasică ($E = hc/\lambda > hc/r_0 = 2\pi(\hbar c/e^2) = 2\pi(137)m_e c^2$). Mai mult decât atât, din anii 1930 şi până la sfârşitul vieții sale ([2], p. 542), Heisenberg a crezut că mecanica cuantică eşuează la o anumită lungime critică; în anii 1930 el susținea că această lungime ar fi h/mc, m fiind masa mezonului Yukawa ([2], pp. 360, 407). Bohr însuşi credea prin anii 1920 [2] că mecanica cuantică eşuează în momentul în care se ajunge la regiuni mai mici decât 10^{-13} cm. Dacă istoria ne poate servi de exemplu, atunci e foarte posibil ca şi conceptele clasice legate de spațiu-timp să fie valabile la distanțe mai mici decât L_P.

Dar dacă lucrurile nu stau aşa, atunci voi evidenția modul în care trebuie generalizate Condițiile I–III din anexa H pentru a fi aplicabile cosmologiei cuantice, cu condiția să se poată defini o funcție de undă complexă a universului şi ca Principiul al Doilea al Termodinamicii să fie valabil pentru energii oricât de mari. Nu va fi esențial să se adopte ipoteza existenței unei metrici în cazul distanțelor mai mici decât L_P.

Am mult mai multă încredere în valabilitatea eternă a Principiului al Doilea al Termodinamicii care, astfel, permite extinderea la infinit a timpului entropic din anexa B, decât în

existența unei metrici spațio-temporale la distanțe mai mici decât L_p. Legea Acțiunii Masei discutată în anexa D și în capitolul 9 oferă un exemplu în care Principiul al Doilea rămâne valabil atunci când mecanica newtoniană eșuează. Există numeroase alte exemple. Împreună ele demonstrează că ar trebui să fim gata să renunțăm la orice altă lege mai curând decât să renunțăm la Principiul al Doilea. Condiția la Limită a Punctului Omega, pe care o voi prezenta acum, este impusă tocmai pentru a asigura valabilitatea neîntreruptă și globală a celui de-al Doilea Principiu.

Să considerăm mai întâi o cosmologie cuantică bazată pe superspațiu, în care entitatea fundamentală să fie o funcțională de undă $\psi(\tilde{h},\Phi,S)$ pe o varietate tridimensională compactă S cu metrică tridimensională h și câmpuri non-gravitaționale Φ. (Am plasat un semn tilda deasupra metricii tridimensionale h pentru a semnala faptul că superspațiul este Riem(S)/Diff(S), adică spațiul definit de toate metricile riemanniene mod diffeomorfisme.) Se fixează S și atunci $\psi(\tilde{h},\Phi) = \mathcal{R}(\tilde{h},\Phi)e^{\varphi(\tilde{h},\Phi)}$. Astfel, funcționala de undă definește istoriile – traiectorii de fază – în superspații, fiecare istorie reprezentând o traiectorie a cărei tangentă este derivata funcționalei $\delta\varphi/\delta\tilde{h}_{ij}$. În mecanica cuantică nerelativistă (MC), $\psi = Re^{i\varphi}$ poate fi aleasă adesea în așa fel încât aceste traiectorii de fază (cele care au $\vec{\nabla}\varphi$ ca tangente) sunt traiectoriile clasice pentru hamiltonian, așa cum am arătat în anexa K. De exemplu, traiectoriile de fază ale undei plane $\psi = e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}}$ constituie, toate, traiectorii clasice de impuls $\vec{k}$ ale hamiltonianului particulei libere, iar $\psi(x,t=0) = \delta(x-a)$, folosită ca funcție de undă inițială a oscilatorului armonic simplu, va genera o funcție de undă ale cărei traiectorii de fază în timp sunt, toate, traiectorii clasice cu amplitudinea nulă pentru $x = a$, după cum am arătat în anexa L. Dar atât în MC, cât și în teoria cuantică a gravitației, se obțin traiectorii clasice numai dacă se impun ecuații de câmp – ecuațiile Schrödinger și DeWitt-Wheeler pentru $\psi(\vec{r},t)$ respectiv, $\psi(\tilde{h},\Phi,S)$. În absența unor astfel de ecuații (și a unor condiții de frontieră corespunzătoare) traiectoriile servesc doar ca exfolieri ale spațiului

de bază – superspațiul tuturor metricilor tridimensionale și varietăților tridimensionale corespunzătoare lui $\psi(\tilde{h},\Phi,S)$, metricile tridimensionale și varietățile fiind identificate prin difeomorfisme – în termenii istoriilor. Fiecare istorie poate fi privită ca un spațiu-timp.

Îmi propun să obțin funcția de undă universală nu pornind separat de la ecuații și impunând condiții de frontieră, ci cerând Condițiilor I–III să fie valabile în cazul fiecărei istorii din superspațiu pentru care $\mathcal{R}$ este diferit de zero. Astfel că istoriile care există „cu adevărat" – cele pentru care $\mathcal{R} \neq 0$ – sunt generate în întregime de exigența ca „viața" să apară în toate istoriile „reale" și să continue să existe în fiecare dintre ele până la sfârșit. Această exigență poate fi privită ca o formulare matematică precisă a ideii lui Wheeler [3] conform căreia universul reprezintă un circuit cu autoexcitație: existența universului este determinată de activitățile „vieții" în sens general. Aceasta este *Condiția la Limită a Punctului Omega* corespunzătoare funcției de undă a universului.

Câmpurile nongravitaționale Φ suportă constrângere nu din partea ecuațiilor de câmp, ci din partea Condiției III. Eu propun ca definiție pentru cantitatea de informație dintr-o geometrie tridimensională $(\tilde{h},S)$, $I^B_{max} - S_p$, unde I^B_{max} este RHS-ul din (C.1), iar S_P este entropia câmpurilor gravitaționale și nongravitaționale, ambele mărimi fiind calculate pe subsetul fiecărui $(\tilde{h},S)$ din $I^-(\gamma)$ pentru fiecare istorie/traiectorie de fază. Bekenstein [4,5] a dezvoltat un algoritm de calcul al mărimii I^B_{max} și se cunoaște foarte bine modul de calcul al componentei nongravitaționale a lui S_P, dar, deși există un număr de ipoteze, încă nu se cunoaște modul de calcul al entropiei câmpului gravitațional. Propun, acum, ca această dificultate să fie evitată prin restrângerea calculelor la modele cu frecvență joasă pentru care entropia gravitațională este, după toate probabilitățile, nulă și care conțin radiație gravitațională de frecvență înaltă a cărei entropie poate fi calculată în modul obișnuit. Așadar, în fiecare istorie, pe măsură ce aceasta se desfășoară, Condiția III spune că

$I^B_{max} - S_p$ diverge *într-o singură direcție* (restricția referitoare la o „singură direcție" reprezintă versiunea cuantică a „viitorului"). Impunând creşterea lui S_P impunem Al Doilea Principiu al Termodinamicii. (Dacă $\psi = \psi(g,\Phi,M)$ şi nu $\psi = \psi(\hat{h},\Phi,S)$, (M,g) fiind un spațiu-timp, atunci este necesar ca $\mathcal{R} = 0$ pe orice (M,g) pentru care Condițiile I–III sunt valabile.)

Dacă la dimensiuni arbitrar de mici traiectoriile de fază pot fi aproximate printr-o istorie de univers închis clasic, atunci am arătat în anexa H că frontiera Bekenstein nu va împiedica divergența informației stocate în apropierea singularității finale. În intervalul de timp real finit dinaintea singularității finale poate fi procesată şi stocată o cantitate infinită de informație. Folosindu-se de forfecare, viața poate determina dispariția orizontului, făcând posibilă o infinitate de circumnavigații, aşa cum am arătat în anexa H.

Este clar că creşterea lui $I^B_{max} - S_p$ reprezintă o condiție separată din Principiul al Doilea şi nu o consecință a sa. (Dar vezi ultimul alineat din anexa C!) Cu toate acestea, Frautschi [6], Layzer [7,8] şi Landsberg [9] au scos cu toții în evidență faptul că, până în momentul de față, universul real s-a supus acestei reguli. Eu sugerez că acest lucru este, în general, adevărat şi că poate fi folosit pentru a defini funcția de undă a universului; o condiție de tipul ecuației DeWitt-Wheeler este, în cazul lui $\psi = \psi(\tilde{h},\Phi,S)$, redundantă. Biologi ca Brooks şi Wiley [10,11] (vezi şi [12]) au demonstrat că pentru a defini ceea ce se înțelege prin „informație" în sistemele biologice se poate folosi o versiune restrânsă a lui $I^B_{max} - S_p$ şi, de asemenea, că creşterea informației măsoară progresul evoluționist. Însăşi activitatea vieții determină creşterea lui I^B_{max}. Ca şi Wheeler, eu susțin că şi acest lucru se va petrece în apropierea stării finale.

Astfel că îngrijorarea exprimată de Linde ([13,14] şi conversații particulare) în legătură cu faptul că fluctuațiile cuantice ar suprima în mod inevitabil viața la singularitatea finală este înlăturată de Condiția la Limită a Punctului Omega fiindcă, în

acest caz, universul continuă să existe *pentru că* viața însăși continuă să existe; nu pot apărea fluctuații cuantice suficient de mari ca să distrugă viața și asta pentru că condiția de frontieră împiedică formarea lor. Astfel că, în cele din urmă, este necesară existența continuă a vieții și suprimarea de către Al Doilea Principiu al Termodinamicii a fluctuațiilor care ar putea amenința viața. Și eu am ajuns la aceeași concluzie, dar plecând de la alte premise, în anexa C.

Analiza precedentă s-a bazat pe teoria cuantică canonică a gravitației în cadrul căreia se presupune că metrica tridimensională h și varietatea tridimensională S sunt definite pentru dimensiuni arbitrar de mici. Dar în teoria superstringurilor atât h, cât și S reprezintă obiecte macroscopice care apar prin superpoziția excitațiilor stringurilor. Totuși, Condiția la Limită a Punctului Omega poate fi, în principiu, impusă și câmpurilor string dacă este posibil să se realizeze o „exfoliere" a spațiului stărilor stringurilor în care să se poată defini o entropie corespunzătoare fiecărei frunze a exfolierii, direcția de creștere a entropiei definind o direcție de „timp". De observat că nu este necesar ca acest „timp" să aibă vreo legătură cu metrica spațiu-timpului în cazul excitațiilor de string puternice; este probabil ca la astfel de energii să nu existe metrică. Dacă se poate defini entropia, atunci se poate defini și un analog al frontierei Bekenstein I^B_{max} care este tocmai logaritmul numărului de stări posibile într-o regiune din spațiul fazelor; pentru a putea defini entropia trebuie ca, mai întâi, să se poată defini numărul total de stări. Conurile luminoase ale trecutului folosite în Condițiile I–III din anexa H ar scădea sub valoarea lui L_P, dar s-ar putea ca această restricție asupra conului luminos să fie redundantă: divergența informației definită ca $I^B_{max} - S_p$ nu se poate produce pe măsura apropierii de starea finală decât dacă informația este în mod efectiv integrată prin semnale de vreun fel sau altul.

Referințe bibliografice

[1] D. C. Cassidy, *Historical Studies in the Physical Science,* **12** (1981) 1 (citat pag. 13).

[2] D. C. Cassidy, *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg* (Freeman, New York, 1992).

[3] J. A. Wheeler, IBM J. *Res. Develop* **32** (1988) 4.

[4] J. D. Bekenstein, *Phys. Rev. Lett.* **46** (1981) 623.

[5] M. Schiffer and J. D. Bekenstein, *Phys. Rev. D* **39** (1989) 1109 and *Phys. Rev. D* **42** (1990) 3598.

[6] S. Frautschi, in *Entropy, Information and Evolution,* ed. B. H. Weber, D. J. Depew, and J. D. Smith (MIT Press, Cambridge (US), 1988).

[7] D. Layzer. *Ap. J.* **206** (1976) 559.

[8] D. Layzer, in *Entropy, Information and Evolution,* ed. B. H. Weber, D. J. Depew, and J. D. Smith (MIT Press, Cambridge (US), 1988).

[9] P. T. Landsberg, *Phys. Lett.* **102A** (1984) 171.

[10] D.R. Brooks and E. O. Wiley, *Evolution as Entropy,* Second Edition (University of Chicago Press, Chicago, 1988).

[11] E. O. Wiley, in *Evolutionary Progress,* ed. M. H. Nitecki (University of Chicago Press, Chicago, 1988).

[12] J. S. Wicken, *Evolution, Thermodynamics, and Information* (Oxford University Press, Oxford, 1987).

[13] Linde, A. D. *Physics Letters* **B211** (1988) 29.

[14] Linde, A. D. *Physics Letters* **B227** (1989) 352.

N. Vehicul spațial relativist

Un vehicul spațial relativist este acela a cărui viteză de croazieră este comparabilă cu viteza luminii c. Se dovedește că pentru distanțe interstelare „mici" – între 1 și 10^7 parsec – nu are rost o deplasare cu viteză mai mare decât $0{,}9c$, pentru că la o asemenea viteză timpul de tranzit relativ la sistemul de referință universal de repaus este egal cu 90% din timpul minim de tranzit, pe când într-o deplasare cu viteză mai mare decât $0{,}9c$ s-ar consuma mult mai multă energie, așa cum voi arăta în cele ce urmează. În plus, timpul necesar unei sonde von Neumann pentru a se reproduce va fi de cel puțin câțiva ani, astfel încât în cazul unei distanțe de tranzit de câțiva parsec timpul economisit prin deplasarea mai rapidă va fi insignifiant prin comparație cu timpul de reproducere. Pentru distanțe interstelare „mari" – comparabile cu distanța până la cealaltă extremitate a universului, așa-numitul punct antipodal – un vehicul spațial are nevoie de o viteză inițială mare astfel încât să se evite încetinirea mișcării pe durata tranzitului prin expansiunea universului. În această anexă voi rezuma teoria vehiculelor spațiale care se deplasează cu viteze relativiste. Teoria a fost dezvoltată mai întâi de Johann Ackeret [1] în 1946 și reluată în anii 1960 de cel puțin trei oameni: Edward Purcell [2], Edwin Taylor și John Wheeler [3].

În cazul oricărei rachete, cea mai mare parte a masei sale inițiale este formată de combustibil. Dacă masa încărcăturii este M_p și masa întregii rachete este inițial M_i, atunci *raportul maselor* este $r \equiv M_i/M_p$. Pentru a exprima acest raport în termenii vitezei finale a încărcăturii v și ai vitezei gazelor de eșapament v_s voi aminti mai întâi cititorului familiarizat cu amănuntele tehnice câteva chestiuni legate de relativitatea specială. Definind $\beta \equiv v/c$, $\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$, ne amintim că energia totală E a vehiculului spațial este dată de $E = \gamma mc^2$, unde m este *masa de repaus* a vehiculului, adică masa pe care vehiculul o va avea dacă se măsoară masa vehiculului aflat în repaus. În această carte toate masele sunt mase de repaus. În cărțile mai vechi de teoria relativității se pot găsi „mase" care variază cu viteza, dar acum știm că nu așa trebuie să

gândim masa. Toate lucrările moderne despre relativitate, scrise de profesioniști ai teoriei relativității (de exemplu, [3]), se referă numai la masa de repaus atunci când vorbesc despre „masă", pentru că acesta este singurul concept de masă independent de sistemul de referință.

Este esențială introducerea unui concept mai puțin familiar, acela de *rapiditate* ω, definit ca

$$\cosh\omega \equiv \gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad \text{(N.1)}$$

Avem, de asemenea,

$$\sinh\omega \equiv \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\frac{v}{c}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad \text{(N.2)}$$

și, astfel, $\tanh\omega = \beta = \frac{v}{c}$.

Motivul introducerii rapidității este acela că, spre deosebire de viteze, rapiditățile se însumează liniar. Asta înseamnă că, dacă v_r este viteza unei rachete în raport cu Pământul, v_q este viteza unui obiect oarecare în sistemul de referință de repaus al rachetei, iar v_E este viteza obiectului în sistemul de referință de repaus al Pământului, atunci $v_E \neq v_r + v_q$. În schimb, $v_E = c\left(\frac{\beta_r + \beta_q}{1+\beta_r\beta_q}\right)$.

Totuși, $\omega_E = \omega_r + \omega_q$ pentru că $\tanh(\omega_r + \omega_q) = \frac{\tanh\omega_r + \tanh\omega_q}{1+\tanh\omega_r \tanh\omega_q}$ reprezintă atât formula de adunare a vitezelor standard, cât și identitatea funcțiilor hiperbolice.

Pentru a calcula raportul de masă vom presupune că o rachetă a cărei masă inițială este $\tilde{M}$ se deplasează înainte expulzând un jet de gaz cu masa infinitezimală Δm la o viteză de expulzare v_S (măsurată în sistemul de referință instantaneu de repaus al rachetei), racheta rămânând cu masa M și viteza infinitezimală dv pe direcția de deplasare. Atunci $d(\frac{v}{c}) = d\beta = \tanh(d\omega)$.

În această situație conservarea energiei este dată de

$$\Delta mc^2 \cosh \omega_s + Mc^2 \cosh (d\omega) = \tilde{M}c^2 \qquad \text{(N.3)}$$

iar conservarea impulsului este dată de

$$-\Delta mc \sin \omega_s + Mc \sinh (d\omega) = 0 \qquad \text{(N.4)}$$

Întrucât $d\omega$ este infinitezimal, avem $\cosh (d\omega) \approx 1$ și $\sinh (d\omega) \approx d\omega$; introducând aceste aproximații și împărțind ecuația impulsurilor (N.4) la ecuația energiilor (N.3), obținem

$$\frac{\sinh \omega_s}{\cosh \omega_s} = \tanh \omega_s = \frac{v_s}{c} = \frac{Md\omega}{\tilde{M} - M} \qquad \text{(N.5)}$$

Dar variația masei de repaus a rachetei este $dM = M - \tilde{M}$, astfel încât

$$d\omega = -\frac{v_s}{c}\frac{dM}{M} = -\beta_s \frac{dM}{M} \qquad \text{(N.6)}$$

Rapiditățile se însumează liniar, așa că (N.6) poate fi integrată pentru a obține

$$\omega = \beta_s \ln\left(\frac{M_i}{M_p}\right) \qquad \text{(N.7)}$$

care implică

$$\tanh \omega = \frac{v}{c} = \tanh \ln\left(\frac{M_i}{M_p}\right)^{\beta_s} \qquad \text{(N.8)}$$

unde v este viteza finală a rachetei în sistemul de referință de repaus al Pământului. După câteva calcule algebrice, această expresie ne duce la

$$\frac{M_i}{M_p} = \left[\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}\right]^{c/2v_s} = \left[\frac{c+v}{c-v}\right]^{c/2v_s} \qquad \text{(N.9)}$$

De vreme ce $\frac{v}{c} = \sqrt{1-\frac{1}{\gamma^2}}$, dacă $\gamma \gg 1$, atunci $\frac{v}{c} \approx 1 - \frac{1}{2\gamma^2}$, astfel încât raportul de masă este aproximativ

$$\frac{M_i}{M_p} \approx (2\gamma)^{c/v_s} \qquad \text{(N.10)}$$

În cazul rachetelor fotonice ($v_s = c$), aceasta înseamnă că în limita ultrarelativistă ($\gamma \gg 1$), raportul dintre energia totală inițială a rachetei, inclusiv combustibilul, și energia totală finală a încărcăturii este exact

$$\frac{M_i c^2}{\gamma M_p c^2} = \frac{2\gamma}{\gamma} = 2$$

Rachetele fotonice constituie un mijloc eficient de a obține un γ de valoare mare: masa-energia inițială totală necesară accelerării rachetei până la viteza finală v nu reprezintă decât dublul energiei totale finale a încărcăturii față de sistemul de referință de repaus al Pământului. Cu toate acestea, odată ce viteza rachetei a atins valoarea $0{,}9c$, devine extrem de costisitor să se scadă semnificativ durata călătoriei măsurată în sistemul de referință universal de repaus. Când $v = 0{,}9c$, avem $\gamma = 2{,}3$, în timp ce $v = 0{,}99$ corespunde lui $\gamma = 7{,}1$; pentru ca timpul de tranzit să scadă cu 10% energia totală a rachetei trebuie să crească de 3 ori. Este costisitor, căci la o viteză de $0{,}9c$ raportul de masă corespunzător rachetelor fotonice este de 4,4, în schimb la o viteză de $0{,}99c$, el este de 14,1.

Cum *orice* mecanism de accelerare al unui vehicul spațial necesită transferul unei energii de cel puțin $E = (\gamma - 1)\, mc^2$ către vehicul, racheta fotonică este, cu un factor 2, unul dintre cele mai eficiente mecanisme de accelerare.

Un vehicul cu γ mare este util doar în cazul în care se deplasează atât de departe încât expansiunea universului devine semnificativă – de exemplu, în cazul în care cineva ar dori să ajungă în cealaltă extremitate a universului. Într-o asemenea situație vehiculul ar părea că se deplasează cu viteză din ce în ce mai mică în raport cu galaxiile tot mai îndepărtate, căci acestea se îndepărtează de noi, cu viteze din ce în ce mai mari conform legii Hubble. Dacă stabilim $N(t) = 1$, astfel încât t să măsoare timpul real universal, ne amintim din anexa B că metrica FRW devine

$$ds^2 = -dt^2 + R^2(t)\left[d\chi^2 + \sum^2(\chi)\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2\right)\right] \qquad \text{(B.1a)}$$

Cum acest spațiu-timp este omogen și izotrop din punct de vedere spațial, o geodezică ce se deplasează inițial complet pe

direcția radială (χ) rămâne fără viteză pe direcția θ sau ϕ. Astfel, o geodezică radială se deplasează în spațiul tridimensional definit prin metrica

$$ds^2 = -dt^2 + R^2(t)d\chi^2$$

Întrucât componentele metricii nu conțin în mod explicit χ, asta înseamnă că impulsul pe direcția χ, adică p_χ reprezintă o constantă a mișcării. (Această concluzie este derivată în lucrarea lui Misner, Thorne și Wheeler [4], paragraful 25.2. Restul metodologiei de derivare a ecuației (N.11) presupune familiarizarea cu conceptele relativității generalizate moderne. Vezi [4], în special pp. 656–657.) Dar $p_\chi = g_{\chi\chi}p^\chi = g_{\chi\chi}d\chi/d\lambda$, unde λ este parametrul afin, dacă particula pe care o urmărim este un foton, și este egal cu intervalul de timp real al particulei per unitatea de masă de repaus de-a lungul traiectoriei particulei, dacă particula este de tip temporal (așa cum ar trebui să fie dacă ar fi vorba de un vehicul spațial).

Dacă vom calcula impulsul pe direcția radială în sistemul de referință de repaus local Lorentz al observatorilor aflați în repaus, în coordonate FRW – asemenea observatori prezintă χ, θ, ϕ constante și sunt observatorii aflați în repaus în raport cu radiația cosmică de fond – vom obține (p^χ_{local} fiind impulsul):

$$p^\chi_{local} \equiv p^{\hat{\chi}} \equiv \left\langle \omega^\chi, p \right\rangle = \left\langle g^{1/2}_{\chi\chi}d\chi, p \right\rangle = g^{1/2}_{\chi\chi}p^\chi = g^{1/2}_{\chi\chi}\frac{d\chi}{d\lambda}$$

unde ω^χ reprezintă o bază locală ortonormală de tipul 1, iar p reprezintă vectorul impuls cvadridimensional. Dar, întrucât $g_{\chi\chi}d\chi/d\lambda$ este o mărime care se conservă și $g_{\chi\chi} = R^2(t)$, am demonstrat că $R(t)\ p^\chi_{local}(t)$ este o constantă independentă de timpul cosmic. Astfel,

$$\frac{p^\chi_{local}(t_{acum})}{p^\chi_{local}(t)} = \frac{\gamma_{acum}v_{acum}}{\gamma(t)v(t)} = \frac{R(t)}{R(t_{acum})} \qquad \text{(N.11)}$$

unde $p^\chi_{local}(t_{acum}) = \gamma_{acum}mv_{acum}$ este impulsul relativist al vehiculului spațial în sistemul de referință de repaus reprezentat de

sistemul stelar care îl lansează, iar $R(t_{acum})$ este factorul de proporționalitate al universului corespunzător zilei în care este lansat vehiculul spațial. (Dacă va fi lansat în următorul miliard de ani, $R(t)$ nu se va modifica semnificativ față de valoarea sa actuală.)

Această relație se aplică fotonilor, ca și geodezicelor de tip temporal; pentru derivarea ei nu a fost necesar să se presupună că particula a cărei mișcare este studiată e de tip temporal. De fapt, ținând seama de binecunoscuta relație dintre impulsul fotonului și lungimea sa de undă, adică $p = h/\lambda$, ecuația (N.11) devine:

$$\frac{\lambda_{acum}}{R(t_{acum})} = \frac{\lambda_t}{R(t)} \qquad \text{(N.12)}$$

ceea ce reprezintă formula deplasării cosmice spre roșu. Pentru o altă deducere a ecuației (N.11), vezi [5, p.169].

Important în legătură cu ecuația (N.11) este faptul că ea ne arată că putem folosi chiar expansiunea universului pentru a încetini vehiculul spațial; nu este nevoie să cărăm niciun fel de combustibil. Această concluzie este extrem de importantă pentru vehicule spațiale cu gamma mare, căci dacă viteza de tranzit ar fi anulată complet, atunci raportul de masă inițial, dat mai sus, ar trebui să fie *ridicat la pătrat*. Pentru ca vehiculul spațial să atingă punctul antipodal în momentul în care universul va avea o dimensiune de 3×10^5 ori mai mare decât cea actuală, ne-ar trebui inițial un $\gamma_{acum} = 5 \times 10^5$ pentru racheta fotonică, astfel încât întreaga călătorie să fie relativistă ($\gamma(t_{max}) = 2$ este condiția suficientă pentru ca întreaga călătorie să fie relativistă, t_{max} fiind momentul maximei expansiuni). Dacă ar trebui să folosim racheta ca să scădem viteza mișcării de la $\gamma = 5 \times 10^5$, am avea nevoie de un raport inițial de masă de 1×10^{12}. În schimb, este suficient unul de $(3,7)(2)(5 \times 10^5) = 3,7 \times 10^6$. (Factorul suplimentar de 3,7 este necesar pentru a scădea viteza încărcăturii de la $\gamma = 2$ la $\gamma = 1$.)

Totuși, este posibil ca o rachetă relativistă reală să nu fie o rachetă fotonică, pentru că singura metodă cunoscută de convertire completă a masei în energie implică anihilarea materie-antimaterie. Astfel, combustibilul rachetei trebuie să fie compus jumătate din materie și jumătate din antimaterie. Din relația $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$

rezultă numai fotoni, dar nu există nicio metodă cunoscută de stocare a unui număr mare de pozitroni în afară de stocarea lor ca părți ale unor antiatomi. Astfel încât cea mai mare parte a masei de antimaterie ar trebui să fie compusă din antiprotoni care nu se anihilează direct pentru a forma doi fotoni. Anihilarea proton-antiproton se produce [6], în general, prin dezintegrarea în urma căreia rezultă pioni:

$$p + \overline{p} \rightarrow m\pi^0 + n(\pi^+ + \pi^-)$$

unde $m \approx n \approx 1{,}60$. Niciunul dintre pioni nu este stabil, iar pionul neutru se dezintegrează, de obicei, prin intermediul reacției $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$. Radiațiile gamma datorate pionilor neutri se pierd luând cu ele energie, dar pionii încărcați vor parcurge 20 de metri înainte de a se dezintegra și, astfel, pot provoca împingerea, având traiectoriile curbate de câmpurile magnetice, astfel încât să poată ieși din jetul de eșapament al rachetei. În sistemul de referință instantaneu de repaus al rachetei pionii neutri preiau, în medie, un impuls net nul.

Dacă se pierde o parte din energia datorată anihilării, atunci ecuațiile (N.3) și (N.4) trebuie să fie modificate. Dacă o fracțiune $\eta\Delta mc^2$ dispare pur și simplu în reacție, atunci ecuațiile (N.3) și (N.4) devin

$$\eta\Delta mc^2 \cosh\omega_s + \delta\Delta mc^2 + Mc^2 \cosh(d\omega) = \tilde{M}c^2 \qquad \text{(N.13)}$$

$$-\eta\Delta mc \sinh\omega_s + Mc \sinh(d\omega) = 0 \qquad \text{(N.14)}$$

Continuând ca și în cazul deducerii ecuației (N.5), obținem

$$\frac{\eta \sinh\omega_s}{\eta \cosh\omega_s + \delta} = \frac{M\, d\omega}{\tilde{M} - M} = -\frac{M\, d\omega}{dM} \qquad \text{(N.15)}$$

în care am introdus variația masei de repaus a rachetei, $dM = M - \tilde{M}$. Integrând ecuația (N.15) obținem

$$\omega = \left[\frac{\sinh\omega_s}{\cosh\omega_s + \frac{\delta}{\eta}}\right] \ln\left(\frac{M_i}{M_p}\right) \qquad \text{(N.16)}$$

unde v_s este acum viteza pionilor încărcați din reacția de anihilare $p - \tilde{p}$. Rezolvarea ecuației (N.16) pentru raportul de masă duce la

$$\frac{M_i}{M_p} = \left[\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}\right]^{[c/2v_s]\left[1+\frac{\delta}{\eta\gamma_s}\right]} \tag{N.17}$$

unde $\gamma_s = \cosh \omega_s$.

Dar conservarea energiei ne dă

$$\eta\gamma_s = \delta$$

ceea ce reduce ecuația (N.17) la

$$\frac{M_i}{M_p} = \left[\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}\right]^{c/v_s} \tag{N.18}$$

Pentru $\gamma \gg 1$, avem

$$\frac{M_i}{M_p} \approx (2\gamma)^{2c/v_s} \tag{N.19}$$

în locul ecuației (N.10). Ecuația (N.19) diferă de ecuația (N.10) printr-un factor suplimentar 2 la exponent.

Conservarea energiei duce la $2 \times 938 - 4{,}8 \times 139$ MeV împărțiți mai mult sau mai puțin în mod egal între 4,8 pioni, astfel încât fiecare pion încărcat are o energie cinetică de 252 MeV. Raportul dintre energia cinetică și masa de repaus este $\gamma - 1$, astfel că fiecare pion are $v_s/c = 0{,}935$. De aceea, ecuația (N.19) devine

$$\frac{M_i}{M_p} \approx (2\gamma)^{2,14} \tag{N.20}$$

Cu $\gamma_{acum} = 5 \times 10^5$ inițial necesar atingerii punctului antipodal la momentul maximei expansiuni, am avea nevoie de un raport de masă inițial de 1×10^{14}. (Să ne aducem aminte că este nevoie de un factor suplimentar egal cu 17 pentru că racheta este utilizată în scopul reducerii lui $\gamma(t_{max}) = 2$ astfel încât să devină $\gamma = 1$.)

O accelerație mare poate reduce extraordinar de mult distanța necesară pentru accelerarea până la valori mari ale lui

gamma. În mecanica newtoniană, o particulă care accelerează uniform de la o viteză nulă la o viteză finală v trebuie să accelereze pe o distanță $s = v^2/2a$. Un calcul direct bazat pe paragraful 6.1 din [4] arată că generalizarea relativistă a acestei formule este

$$s = \frac{c^2}{g}(\gamma - 1) \qquad \text{(N.21)}$$

unde g este accelerația constantă măsurată în sistemul de referință de repaus instantaneu al rachetei, iar s este distanța parcursă în sistemul de referință de repaus al sistemului solar care lansează racheta. Dacă s este măsurată în ani-lumină, iar g în gravitații, ecuația (N.21) devine

$$\left(\frac{s}{1 \text{ an-lumină}}\right) = 0{,}971\left(\frac{1 \text{ gravitație}}{g}\right)(\gamma - 1) \qquad \text{(N.22)}$$

Astfel că pentru $\gamma = 5 \times 10^5$, $s = 5 \times 10^5$ ani-lumină la 1 gravitație, dar numai 3000 de ani-lumină la 155 gravitații. Alternativ, dacă răcirea motorului de rachetă constituie o problemă, atunci se poate evita aceasta făcând accelerația foarte mică. Dacă avem, să zicem, g = 10 gravitații, aceasta ar elimina problema răcirii fără o creştere semnificativă a timpului de călătorie până la punctul de la antipod.

Termenul „încărcătură" din raportul maselor nu se referă numai la încărcătura propriu-zisă, ci şi la rezervoarele de combustibil şi la motoarele rachetei. Cheia reducerii masei încărcăturii propriu-zise, ca şi a maselor rezervoarelor şi motoarelor, o constituie nanotehnologia [7]. Am arătat în capitolul 2 că masa încărcăturii propriu-zise nu trebuie să fie mai mare de 100 de grame. Dacă utilizăm elemente universale de construcție de dimensiunea moleculelor [7] pentru a reconstrui rachetele şi motoarele pe măsură ce se accelerează atunci, în principiu, rezervoarele şi motoarele pot fi lipsite de combustibil; în acest caz, contribuția lor la masa încărcăturii va fi *nulă*. Dacă acest lucru este realizat, atunci o rachetă funcționând pe principiul anihilării materie-antimaterie, capabilă să efectueze întreaga călătorie de la Pământ până în celălalt capăt al Universului cu viteză relativistă, ajungând la finele călătoriei în momentul maximei expansiuni, ar trebui să aibă

o masă de zece miliarde tone metrice. (Dacă s-ar putea inventa un motor care să anihileze quarkurile care alcătuiesc protonii şi antiprotonii, atunci am dispune de o adevărată rachetă fotonică, iar masa iniţială a rachetei ar fi de numai 400 tone în loc de zece miliarde tone. Din păcate, nu se ştie dacă realizarea unui asemenea motor este posibilă, fie şi numai în principiu).

Preţul actual a cinci miliarde tone de antimaterie este enorm, aşa cum am arătat în capitolul 2. (Puterea dată de Soare este $L_{soare} = 3{,}8 \times 1026$ J/s = 42 milioane tone de masă-energie pe secundă, astfel încât sintetizarea unei asemenea cantităţi de antimaterie necesită întreaga putere furnizată de Soare timp de 4 minute, chiar şi la un randament de 100%!) Mare parte din acest cost enorm se datorează legii de conservare a numărului de barioni şi leptoni, lege care impune crearea câte unui proton pentru fiecare antiproton. Asta înseamnă că cel puţin o jumătate din cantitatea de energie se cheltuieşte pentru crearea unor protoni inutili. Aceeaşi lege de conservare restrânge energia nucleară la mai puţin de 1% randament: mai puţin de 1% din masa de repaus a nucleelor poate fi convertită în energie, pe când, dacă legea nu ar fi valabilă, probabil că toată masa s-ar putea converti în energie.

Totuşi, în 1976, Gerard't Hooft [8] a arătat că, în cadrul Modelului Standard al fizicii particulelor, legea poate fi încălcată. Abaterea prevăzută este unică şi nu a fost observată niciodată, dar dacă modelul standard este corect – şi toate experimentele indică faptul că aşa este – atunci această abatere trebuie să se producă. Începând din 1976 un număr de fizicieni [9–12] au descoperit modalităţi în care poate fi intensificat acest efect, dar matematica pe care o cunoaştem este prea primitivă ca să ne permită să analizăm detaliile efectului în lipsa experimentului. SSC-ul – dacă va fi construit vreodată – ar putea studia acest efect de încălcare a legii numărului de barioni şi, foarte probabil, ne-ar arăta cum să-l folosim ca să creăm, în mod efectiv şi la scară macroscopică, antimaterie.

Să ne amintim că nanotehnologia ne permite să codificăm un bit per atom în încărcătura de 100 de grame, astfel că memoria încărcăturii ar fi suficientă ca să suporte simulări a nu mai puţin de 10^4 personalităţi echivalente unor indivizi umani la un nivel de

10^{20} biți per personalitate. Aceasta este populația unui oraș de dimensiuni medii și, în același timp, populația unei „arce spațiale" prin care se propunea, în trecut, colonizarea spațiului. Trimiterea în spațiu a unor simulări – virtuale personalități echivalente celor umane – în locul oamenilor adevărați prezintă și un alt avantaj pe lângă acela al reducerii raportului masic al vehiculului spațial: se poate obține efectul dilatării relativiste a duratelor fără să mai fie nevoie de un γ mare prin simpla scădere a vitezei cu care computerul vehiculului spațial rulează simularea celor 10^4 personalități echivalente. În călătoria spre punctul antipodal este nevoie de γ mare pentru a ajunge la destinație la momentul maximei expansiuni și nu pentru a reduce intervalul de timp petrecut la bordul vehiculului spațial.

Al treilea avantaj al personalităților echivalente indivizilor umani constă în aceea că metoda aceasta rezolvă problema ecranării radiației. Protonii din mediul interstelar au același γ în sistemul de referință de repaus al vehiculului ca și cel pe care îl are vehiculul în sistemul de referință de repaus al mediului interstelar, iar radiația intensă datorată protonilor din mediul interstelar a fost adesea adusă drept argument [2,3] în sprijinul afirmației că un vehicul spațial cu γ mare este imposibil. Este nevoie, într-adevăr, de o ecranare puternică: pentru a opri protoni de 1 GeV ($\gamma = 2$) este nevoie de un ecran de aluminiu cu grosimea de 2 metri. Dar dacă vehiculul are o secțiune eficace transversală de 1 mm^2, atunci nu e nevoie decât de 5 grame de aluminiu. (Ar fi nevoie de constructori universali de dimensiuni moleculare plasați în interiorul ecranului ca să îl repare; radiația ar depune energie de aproximativ 1/5 J/s.) Ecranarea nu e practică în cazul vehiculelor spațiale cu $\gamma = 10^5$, dar aproape toți protonii cu $\gamma = 10^5$ ar trece, astfel că n-ar trebui decât să se folosească constructori ca să separe stricăciunile ocazionale (importante). (În faza de accelerare ar trebui folosite câmpuri magnetice pentru a ecrana antimateria față de particulele mediului.) În mediul intergalactic există aproximativ $\gamma = 10^{-5}$ protoni pe cm^3, deci energia cinetică a protonilor care traversează fiecare mm^2 de suprafață de vehicul într-o secundă de timp al vehiculului este de aproximativ 5×10^3 J/s. Dar mediul intergalactic este subțiat

după legea $R^{-3}(t)$ de către expansiunea universului, astfel că puterea din vehicul ar putea fi redusă la 1/5 J/s corespunzători unui vehicul cu $\gamma = 2$ din mediul *interstelar*, aşteptând lansarea vehiculului până când universul s-ar dilata cu un factor de 20, adică vreme de 2 trilioane de ani de aici înainte.

Al patrulea avantaj al fiinţelor umane virtuale într-un mediu virtual faţă de fiinţele umane reale constă în aceea că cele virtuale vor experimenta accelerarea simulată a mediului virtual şi nu accelerarea reală a rachetei. Dacă o rachetă ar accelera până la 155 gravitaţii, fiinţele umane reale ar fi transformate în jeleu, în timp ce fiinţele virtuale din aceeaşi rachetă ar experimenta opţiunea proprie: acceleraţia obişnuită de 1 gravitaţie sau mai puţin. Cum nu există nicio diferenţă între maşina reală şi simularea ei, predicţia mea este că niciun om real nu va traversa vreodată spaţiul interstelar. Oamenii vor ajunge în cele din urmă la stele, dar o vor face numai ca simulări; vor ajunge acolo ca nişte maşini virtuale, nu ca maşini reale.

Referinţe bibliografice

[1] Ackeret, Johann 1964. „Zur Theorie der Raketen". *Helvetica Physica Acta* **19**: 103-12. Reprinted in English translation in *Journal of the British Interplanetary Society* (1946) **6**: 116-23.

[2] Purcell, Edward 1963. „Radioastronomy and Communication Through Space", in *Interstellar Communication,* 121-143. New York: Benjamin.

[3] Taylor, Edwin F. and John A. Wheeler 1963, *Spacetime Physics.* San Francisco: Freeman.

[4] Misner, Charles W., Kip S. Thorne, and John A. Wheeler 1973. *Gravitation*, San Francisco: Freeman.

[5] Peebles, P. James E. 1971. *Physical Cosmology.* Princeton: Princeton University Press.

[6] Cassenti, Brice N. 1988. „Energy Transfer in Antiproton Annihilation Rockets." In *Antiproton Science and*

Technology. Edited by B. W. Augenstein, *et al.* Singapore: World Scientific.

[7] Drexler, K. Eric 1992. *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, a Computation.* New York: Wiley.

[8] 't Hofft, Gerard 1976. „Symmetry Breaking through Bell-Jackiw Anomalies." *Physical Review Letters* **37**: 8-11.

[9] McLerran, Larry 1989. „Can the Observed Baryon Asymmetry Be Produced at the Electroweak Phase Transition?" *Physical Review Letters*: **62**: 1075-78.

[10] Shaposhnikov, Mikhail E. 1992. „Standard Model Solutions of the Baryogenesis Problem," *Physics Letters* **B277**: 324-30.

[11] Bagnasco, John E. and Michael Dine 1993. „Some Two-Loop Corrections to the Finite Temperature Effective Potential in the Electroweak Theory," *Physics Letters* **B303:** 308-14.

[12] Kunz, Jutta and Yves Brihaye 1993. „Fermions in the Background of the Sphaleron Barrier", *Physics Letters* **B304**: 141-46.

index

Academia Națională de Ştiințe, 6
Acceleratori de particule, 183, 417-419
Accident, noțiunea de, 397-399
Agassiz, Louis, 152
Aleatoriu, 35-37
  liberul arbitru şi ~, 246-248
  luarea deciziei şi ~, 241-246
Algoritm, 30
Algoritmi genetici, 36
Allen, Ethan, 401, 403
Alpher, Ralph, 90
Altruism, 305-307, 315
Americani nativi
  creştinismul şi ~, 414-415
  viața de apoi la ~, 350-353
Anihilare materie-antimaterie, 66-67, 637
Animale, învierea lor, 312
Animism, 108
An-lumină, definiție, xxv
Aquino, Sf. Toma de, 8, 158, 365
  ca fizician, 411
  despre durată, 167
  despre învierea morților, xiv, 294
  despre Problema Răului, 325, 331
Aristarh din Samos, 6, 130
Aristotel, 10, 93, 158, 360, 364
Aritmetica Presburger, 240-241
Aritmetică, teoria completă, 30, 238-241
Arrhenius, Svante, 111
Ateism, 11, 98-99, 324-325, 380
Axelrod, Robert, 306
Ayala, Francisco, 367, 368-369

Babbage, Charles, 385
Babilonieni, 92
Baronio, Cesare Cardinal, 9
Barrow, John D., x, 78, 155, 156, 262
Barth, Christian Gottlieb, 317
Barth, Karl, 17, 363
Bäumler, Alfred, 103
Becker, Gary, 306, 307
Bekenstein, Jacob, 38
Bergson, Henri, 11
Berkeley, George, 263-264
Bernal, John Desmond, 3, 20, 134-136, 144
Beshat, 361

Biblia Anchor, 382
Big Bang, xiii, 90, 96, 126, *175*, 266
Big Crunch, 126, *176*, 442, 498, 549
Biologie evoluționistă, 12, 84
aleatoriul și ~, 36-37, 248
progresul veșnic și ~, 149-153
Sintezele Moderne, 11, 247-248
Biot, Jean-Baptiste, 390
Bloch, Ernst, 5
Boesiger, Ernest, 139
Boethius, 167, 197, 198
Bogăție, creșterea exponențială, 333-335
Boltzmann, Ludwig, 117, 118
Boswell, James, 308
Bozon Higgs, 130, 182, 183, *184*, 583-591
Brush, Stephen, 91
Budism,
mașini inteligente și ~, 109
viața de apoi în ~, 342-347

Cairns-Smith, A.G., 155
Calculatorul de biliard, 45, 557
Calvin, John, 397
Camus, Albert, 101
Canibalism, 11, 294
Canonul din Marea Pace, 94
Canonul Pali (text budist), 343
Câmp Higgs, 186-187
Celsus, 364, 394
China, 94-95, 337-339
Ciberspațiu, 135, 274
Coe, Michael, 351-352
Colonii O'Neill, 57, 68
Colonizarea universului, 22-23
colonii independente, 57, 68
controlul universului, 74-81, 179, 191-192
costuri, 55
energie pentru ~, 79
înghițirea universului, 68-72, *73*, *74*, *75*, *76*, 80, 179, 191-192
planeta Pământ și ~, 71
vezi și Sonde spațiale robot
Compatibilism, 231, 251
Complexitate, 147-149, 153
Complexitatea Kolmogorov, 368, 369
Comunitatea Bachwa, 348
Comunitatea Lozi, 348
Comunitatea Warao, 352
Comunitatea Yoruba, 349-350
Comunitățile Lodagaa, 349
Condiția la Limită a Punctului Omega
liberul arbitru și ~, 231-232, 252-254
pentru funcția de undă universală, 225-230, *228*
Sfântul Duh și ~, 16-17, 227-230
Condiția la Limită Hartle-Hawking, 221-227, 235
Condiția la Limită Universală, 373
Confucianism, 338-339
Constanta Cosmologică, 186, 187, 189, 581
Constanta lui Hubble, 69, 185-186, 579, 598
Constanta Planck, 124

Constructori universali, 55-56
Contingență,
în fizica newtoniană, 200
în mecanica cuantică, 208-215
în relativitatea generalizată, 200-208
Con de lumină, viitor și trecut, 160, *161*, 162-163
Conway, John, 46
Copernic, Nicolaus, XII, 7, 425, 426, 449, 561
Cosmologia cuantică, 620-631
Condiția la Limită Hartle–Hawking și ~, 221-223
idei de bază, 216-221
Costul informației, 242
Creier, 41, 49-50,
informația și ~, 26-27
luarea deciziei și ~, 244-246, 250
memoria și ~, 295
Crescas, Hasdai ben Abraham, 361
Creștinism,
aderenți, 353
divinitate trinitară, 391-395
doctrina Eternei Reîntoarceri și ~, 94, 168
doctrina Prezenței Reale, 395-400
Dumnezeul personal al ~, 4, 193-194, 407-408
„intervalul dintre moarte și înviere", 282
înlocuirea altor religii, 414-415
învierea lui Iisus, 381-384, 385-390, 399-400
mântuirea universală și ~, 317, 377, 395
miracolele și ~, 385
mișcarea deistă, 400-408
Problema Răului și ~, 324-326, 330-331
rugăciunea și ~, 420-421
Teoria Punctului Omega și ~, 19-20, 380-408
transsubstanțiere, 395-400, 416
viața de apoi în ~, 322, 362-366
Cullmann, Oscar, 362, 365

Dante, 19
Darwin, Charles, 84-85
Dashti, 'Ali, 379
Davies, P. C. W., 39
Dawkins, Richard, 156
Deism, 253, 400-408
Dennett, Daniel C., 248
Determinism, 93, 198-199, 602
caracteristici, 232
haosul și, 235
Teorema de Nerevenire și ~, 128
timpul și ~, 233-234
vezi și Contingență
DeWitt, Bryce, 213
Diagrame Minkowski, 159, *160*
Diagrame Penrose, 174, *175*, 176, *177*, *180*
Dirac, Paul, 3,14
Dispariții, 37, 129
Homo sapiens și ~, 270-272

Distribuții de frecvențe EQ, 149-152
Divinitate trinitară, 391-395
Doctrina Morții Termice, 82, 111, 135-136, 138
entropia și ~, 83, 574-579
erori ale ~, 87-88
opinii optimiste, 91
Teorema de Recurență a lui Poincaré și ~, 117-118
Doctrina Eternei Reîntoarceri, 42
consecințe politice, 102-107
creștinismul și ~, 95, 168
fizica și ~, 82, 110-125
implicații religioase-filosofice, 98-101
în culturile antice, 92-94
în perioada medievală, 95
noțiunea de timp ciclic și ~, 92-94
noțiunea de timp liniar și ~, 94-95
opinia lui Heidegger despre ~, 98, 103-107
opinia lui Nietzsche despre ~, 95-100, 102
palingeneza (reapariția aceloraşi oameni în fiecare ciclu), 93-94
respingerea ~ de către Tipler, 103, 106-110
simbol al ~, 102
Doctrina Prezenței Reale, 395-400
Drake, Frank D., 387-388
Drexler, K. Eric, 63
Duhem, Pierre, 88-89
Durata *aeternitas*, 167, 192, 273
Dyson, Freeman, 3, 71, 172-173
Postulatul Vieții Veşnice, 134, 144-149

Eaton, Daniel, 402
Eccles, John, 245
Ecuația Schrödinger, 238
Ecuația Wheeler–DeWitt, 216, 221
Ecuații de constrângere, 202
Ecuațiile evoluției, 200-201
Eddington, Arthur, 91
Einstein, Albert, 181
Emanaționism, 267
Emulații, 17, 641-642
ale calculatoarelor, 44, 258-259, 265
ale universului, 259-260, 275-280
caracteristici ale ~, 256-258
Identitatea Indiscernabilelor, 258, 262
liberul arbitru și ~, 278
problema „exsistenței", 257, 261
teoria continuității identității și ~, 293-298
Energie radială, 138-140, 230
Engels, Friedrich, 130, 132-133
Entropie, 83, 88, 117
Epicur, 324
Eshatologie, xiv, 5
Everett, Hugh, 208
Evoluția viitoare a universului, x-xi, xiii
evenimente importante, 70-71

ipoteze privind ~, 2-3, 13
predicția longevității, 12
Exfoliere a codimensiunii unu, 224, 545-547, 563
Existența universului,
argumentul ontologic/ cosmologic, 255
numărul universurilor existente, 262
Postulatul Vieții Veșnice și ~, 264-266
știința calculatoarelor și ~, 255-264
Teoria Punctului Omega și ~, 263-264
„Existență", definiție, 261-264
Exocitoza sinaptică, 245
Experimentul camerei chinezești, 47-53
Experimentul pisicii al lui Schrödinger, 209-210

Fan Chen, 339
Faraday, Michael, 181
Fawell, Harris, 417-418
Feynman, Richard, 213, 253, 254, 450-451
Ființele umane ca mașini, xi, 1-2, 38-39, 641-642
Fitzmyer, Joseph, 382
Fizică, 5-6
contingența în ~, 200-201
legile ~, 220-221
moralitatea și ~, 411-414
obiectivism, 109-110
teologia ca ramură a ~, 409-411
vezi și Relativitatea generalizată, Mecanica cuantică
Flamm, Dieter, 26-27
Flew, Antony, 284-286, 292, 295-298, 380, 386
Forward, Robert, 61, 67
Franklin, Benjamin, 401, 403-405
Franța, 139
Frege, Gottlob, 255
Friedman, David, 306
Frontiera-c, 163, *164*, 165, 191
frontiera-c viitoare a universului ca un singur punct (Punctul Omega), 141-142, 176-180, *177*, *180*, 537-541
Funcția de undă
cosmologia cuantică și ~, 216-218, 220-221
Teorema de Recurență Cuantică și ~, 120-125
Funcția de undă universală
Condiția la Limită a Punctului Omega și ~, 224-230, *228*, 622, 626-631
Condiția la Limită Hartle-Hawking și ~, 221-223
ecuația ~, nonexistența ei, 237
Sfântul Duh și ~, 16-17, 227-230

Galileo, 7, 9, 285, 414
Gandhi, Mahatma, 341, 344, 346-347, 419
Gardner, Martin, 315
Găuri negre, 453, 511-513, 567-569, 572, 596

Gell-Mann, Murray, 213-214
Geologie, 111
Gibbs, J. Willard, 287, 288, 290
Gifford, Adam, 417
Glashow, Sheldon, 110, 181
Gnosticism, 4, 16
Gödel, Kurt, 30, 239
Gould, Stephen J., 149-153
Gravitație, 77, 126-128, 131, 422
Grecia antică, 93
Guth, Alan, 189

Habermas, Gary, 386
Haddad, Yvonne Y., 378
Haldane, J.B.S., 3, 133, 134, 144
Haos, x-xi, 3, 74-81, 614-619
  determinism și, 234-236
  mișcare haotică instabilă, 75-78
  Teorema de Recurență Cuantică, 121-123, 613
Hartle, James B., 221, 225-226
Hawking, Stephen, x, 6, 213, 213, 221
Hayek, Friedrich, 214, 333
Heidegger, Martin, 98, 103-106
Heisenberg, Werner, 220
Helmholtz, Hermann von, 84
Herman, Robert, 90
Hick, John, 326, 329, 330
Hilbert, David, 309
Hillis, Danny, 28
Himmelfarb, Gertrude, 130
Hinduism, 353
  viața de apoi în ~, 339-342
Hipersuprafață Cauchy, 198
Hipnoză, 253-254
Hitler, Adolf, 107
Hobbes, Thomas, 291
Hofstadter, Douglas R., 248
Holocaust, 324, 328-329
Holten, Gerald, 101
Hume David, 9, 296, 308, 386
Hyppolite, Jean, 143

Iad, 19, 312, 315, 316, 317
Identitatea Indiscernabilelor, 258, 262
Iisus Hristos, 4-5, 282
  cunoștințe despre Dumnezeu, 394-395
  învierea lui, 303, 381-384, 385-390, 399
  opinia lui Jefferson, 405-406
Iluzii colective, 387-389
India antică, 92-93
Inerție, principiul, 200-201
Interpretarea de la Copenhaga, 208-211
Interpretarea Lumilor-Multiple, 208-211, *212*, 219-220, 223, 262, 602-608
  adevărul despre ~, 213-215
  experimentul pisicii, 210
  liberul arbitru și ~, 215, 253
  pretenția centrală a ~, 217, 608
  Problema Răului și ~, 328
  Teoria Punctului Omega și ~, 210-211
Iosif, 384
Ipoteza Nebulară, 390
Ireneu, Episcop de Lyon, 330

Islam
aderenți, 353
înlocuirea altor religii, 415
mântuirea universală și ~, 377-379
viața de apoi în ~, 373-379
Islam, Jamal, 144-145
Istoricitate, 104
Iudaism
aderenți, 353
„ființă a viitorului", viziune despre Dumnezeu, 5
viața de apoi în ~, 354-362

Îngeri, 194-195, 445-448
Învierea morților, xvi, 1, 17-18, 125
cadrul de fond pentru persoana înviată, 300
corpul persoanei înviate, 18, 301-304
creaturi neumane și ~, 310-312
emulația ca mijloc al învierii, 17, 272-274
exemplul canibalilor, xiv, 294
„intervalul dintre moarte și înviere", 282
memoria și ~, 304-305
oameni de pe alte traiectorii de fază, 278-279
problema identității, xv, 282-299
punctul în timp când se produce învierea, 280-282
stări cuantice, 275-280
vezi și Viața de apoi, Postulatul Vieții Veșnice
Învierea lui Iisus, 303, 381-384, 385-390, 399-400

James, William, 16, 232-233, 234, 235, 246
Japonia, 108-109
Jaspers, Karl, 100
Jeans, James, 91
Jefferson, Thomas, 401, 405-407
Jerison, Harry J., 151
Joc finit în doi de sumă nulă cu informație perfectă, 313-315
Jocul Vieții, 45-47

Kant, Immanuel, 8, 253, 255, 261
Kelvin, Baron, 111
Kenny, Anthony, 32-33, 411
Kepler, Johannes, 212
Krugman, Paul, 37
Kuhn, Thomas, 109-110
Küng, Hans, 5, 395

Lactantius, Lucius, 324
Lang, Bernhard, 322
Laplace, Pierre-Simon, 111
Legea Acțiunii Masei, 289-290, 514-518
Legile conservării, 200
Legea Fechner-Weber, 320-321
Leibniz, G. W. von, 258, 326
Liberul arbitru, xii, 2, 8, 9, 12
aleatoriul și ~, 246-248

Condiția la Limită a Punctului Omega și ~, 232, 252-254
condiții pentru ~, 251
emulații și ~, 278
Interpretarea Lumilor-Multiple și ~, 215, 253
omniscienta lui Dumnezeu și ~, 198-199, 233-234
procesul de luare a deciziilor și ~, 241-252
școli despre ~, 231-232
vezi și Determinism; Nedeterminism
Libertarianism, 231-232, 251
Libet, B., 250
Limita Bekenstein, 298, 368, 369, 392, 452-453, 508-513, 565-567, 577
emulația universului și ~, 275-278
mașini inteligente și, 38-40
Linde Andrei, 409, 564-570
Linie de univers, 159, *160*, *161*, 162-163
viitor fără sfârșit, 162
Locke, John, 283
Longuet-Higgins, Christopher, 32-33
Lovejoy, Arthur O., 269
Löwith, Karl, 103
Lucas, John, 32-33
Luna, saltul spre ~, 48-49
Luther, Martin, 7, 397, 426
Mach, Ernst, 89
Mahomed, 282, 373, 374, 375, 379
Maica Iuliana a Norvegiei, 331
Maimonides, 319, 359-361
Mann, Christopher S., 382
Manuscrisul de la Damasc, 354
Marele Lanț al Ființei, 269, 271-272
Maritain, Jacques, 397-399
Marx, Karl, 132
Mașini Turing, 42, *43*, 44-47, 158, 557
Mașini Turing universale, 44-47
Mașini cu stări finite, 38-42
Mașini cu stări infinite, 42, *vezi și* Mașini Turing
Mașini inteligente, 23
ca etapă viitoare a vieții inteligente, 272
ca persoane, 25, 107-109
capacitatea prelucrării informației, 26-29
capacitatea stocării informației, 26
experimentul camerei chinezești și ~, 47-53
fezabilitatea construcției, 26-53
în beneficiul umanității, 54
limita Bekenstein, 38-39
mașini cu stări finite și infinite, 38-42, *43*, 44-47
mașini paralele, 51
opinia lui Penrose despre ~, 29, 32-39
ostilitatea oamenilor pentru ~, 107-109
semantica și ~, 52-53
test pentru determinarea dacă un computer este inteligent, 23-25

Maşini virtuale, 44-45, 258, 265-266
Matematica, limbă universală, 105
Maxwell, James Clerk, 287-288
Mayr, Ernst, 139, 371
Mbiti, John S., 348
McCarthy, John, 34
McDannell, Colleen, 322
McNeill, William H., 415
Mecanica cuantică, 117-118
aproape periodică, 120-125
contingenţa în ~, 208-215
discretitudinea ~, 123-124
identitatea sistemelor, 286-293
limita Bekenstein şi ~, 38, 276
vezi şi Interpretarea Lumilor-Multiple
Medawar, Peter, 138, 140
Memorie, 219, 295
învierea morţilor şi ~, 304-305
Metafizica calculatoarelor, 255-256. *Vezi şi* Emulaţii
Microeconomie, 306
Milne, Eduard A., 133-134
Minsky, Marvin, 250
Miracole, 385
Misner, Charles, 178-179, 189
Mişcare stabilă, 76
Mişcarea progresivă, 130-133
Mitul lui Sisif, 101-102
Modelul Inflaţionist, 190, 564-570, 580
Modelul Standard al fizicii particulelor elementare, 110, 186, 187, 583-592
Monod, Jacques, 247
Moralitate, 411-414
Moravec, Hans, 20, 28, 29, 281
Morgenstern, Oskar, 243, 313
Mori, Masahiro, 109
Morrison, Philip, 390
Munck, Johannes, 382
Murray, John, 111

Nanotehnologie, 60, 63, 65, 67
Naveta spaţială Voyager, 59
Nazism, 103-106, 324
Nedeterminism, 16, 198
al Punctului Omega, 235-241
caracteristici definitorii, 232-233
epistemologic, 235
ontologic, 235
procesul luării deciziilor şi ~, 241-252
Needham, Joseph, 95, 337
Nelocalitatea cuantică, 279-280
Nemurire, 8, 9-10. *Vezi şi* Postulatul Vieţii Veşnice, Viaţa de apoi
Newton, Isaac, 111, 204-205, 282
Nickelsburg, George W. E., 364
Nietzsche, Friedrich, 95-103, 109
Nihilism, 98
Nirvana, 342-346
Nisbet, Robert, 130
Niveluri de implementare, 45, 259, 266
Nelocalitate cuantică, 279-280

Noosferă, 140
Nowak, Martin A., 306
Nozick, Robert, 20

Obiecția Copiei, 284-285, 295-298
Omnipotență, 191, 323, 330
Omniprezență, 191
Omniscientă, 191, 192, 198-199, 233, 323
O'Neill, Gerard, 68
Origen, 8, 168, 317, 421
Orizonturi eveniment, 174, 176, 570, 572, 596
Osborn, Henry, 11
OZN-uri, 388-389

Paine, Thomas, 401, 402
Palingeneză, 93-94
Pannenberg, Wolfhart, 5, 15, 16-18, 192, 227-230, 234, 272, 365, 377, 393
Paradoxul lui Gibbs, 286-287
Paradoxul Tristram Shandy, 309
Parrinder, Geoffrey, 348
Parsec, definiție, xxv
Pasteur, Louis, 10
Paul VI, Papă, 400
Pământ,
  distrugerea fizică a ~, 21-23
  haos pe orbita Pământului, 78
  pentru colonizarea universului, 71
  transformarea ~ în realitate virtuală, 135-136
Pelikan, Jaroslav, 416
Penrose, Roger, ix, 6, 50, 134, 163, 210, 213, 244, 245, 276
  despre frontiera-c, 163
  despre mașinile inteligente, 29, 32-39
Personalitate, componente ale ~, 247-251
Pipes, Daniel, 379
Planck, Max, 117
Platon, 93, 197, 267, 362
Plotin, 268
Plutarch, 291
Poincaré, Henri, 112
Polkinghorne, John, 110, 365-366, 371
Poporul aztec, 350-351
Poporul maiaș, 351-352
Postulatul Vieții Veșnice, 13-14, 82, 140-142, 165-166, 562-564
  capacitatea calculatorului pentru ~, 308-311
  complexitatea vieții și ~, 147-149
  condiții necesare pentru viața eternă, 165-168
  contribuțiile lui Dyson, 134, 144-148
  dragostea ca motivație pentru obținerea vieții veșnice, 18, 305-308, 316
  fezabilitatea fizică a vieții veșnice, 168-171
  în universuri închise și deschise, 144-147
  matematica ~, 144
  proba ~, 264-266

progresul veşnic şi ~, 331-335
„suflet", definiţie, 158-159
„viaţă", definiţie, 154-158
vezi şi Viaţa de apoi
Pozitivism, 89
Principiul al Doilea al Termodinamicii, 111, 117, 168, 367-368, 370, 550-551, 574-578, 593-596
aplicat universului ca întreg, 89
doctrina Morţii Termice şi ~, 83
Teoria Punctului Omega şi ~, 90-91
Principiul de incertitudine, 276, 508
Principiul nonsaţietăţii, 321, 322
Principiul Plenitudinii, 269
Problema avortului, 413
Problema Corabiei lui Thezeu, 291-293
Problema Hotelului Hilbert, 309-310
Problema Izotropiei, 188-189
Problema Opririi, 31, 47, 241, 557-560
Problema Răului, 16, 323-331
Procesul de luare a deciziilor, 241-252
Programare euristică, 242, 243
Programe ADN, 35
Programul „Comet Halley Mission", 61
Programul „Pluto Fast Flyby Mission", 59-60
Progres veşnic, 270
argumentul antiprogresiv, 148-153
biologia evoluţionistă, 149-153, 609-612
dispariţia lui *Homo sapiens* şi ~, 271-272
Dumnezeu şi ~, 335
gravitaţia şi ~, 131
opinia lui Bernal, 134-136
„progres", definiţie, 129-130
secolul al XIX-lea şi ~, 130-132
viaţa veşnică şi ~, 331-335
Proiectul „Daedalus", 65
Profeţi, 393-394
Propulsie cu laser, 61-62, 65
Provine, William B., 11-12
„Punctul Omega", originea termenului, 137, 140
Purgatoriu, 19, 312, 313, 315, 316

Quark top, 182, 183, *184*, 187, 583-592

Rachete antimaterie, 67
Radiaţia cosmică de fond, 90, 188, 189-190, 504, 512, 564, 578, 581-582, 594
Rahner, Karl, 18
Rahula, Walpola, 345
Rankine, William J. M., 112
Rasa umană
dispariţia ~, 270-272
în ansamblul ei, 51

Rasism
Eterna Reîntoarcere şi ~, 99-104, 106
maşinile inteligente şi ~, 107-109
Raub, L. David, 213
Raup, David, 37, 153
Realitate, finală, 238, 259, 265-266
Realitate virtuală, 135, 258, 274
Reducţia funcţiei de undă, 209-210
Reducţionism, xii, xv, 366
epistemologic, 367-370
metodologic, 370-371
ontologic, 367-368, 371-373
Reîncarnare, 339, 342-343, 412
Relativitatea generalizată, ix, 159-163, 216
contingenţa în ~, 200-208
Teorema de Nerevenire, 125-128, 531-535
vezi şi Spaţiu-timp
Relaţia ştiinţă–religie, 3, 5-12, 20, 415-416
Religie
fizica şi ~, 409-411
moralitatea şi ~, 411-414
revelaţia şi ~, 419-420
ştiinţa şi ~, 3, 5-12, 20, 415-416
Teoria Punctului Omega şi ~, 420-422
Religii africane, viaţa de apoi în, 347-350
Revelaţie, 419-420
Rheticus, xvi
Ritter, Don, 418
Roboţi inteligenţi, 107-109
Rosenberg, Alfred, 103
Rugăciune, 420-421
Russell, Bertrand, 85, 86, 87, 309
Russell, Robert, 200

Sabellius, 391
Sagan, Carl, 107
Scerbaţki, Theodosiev, 343-344
Schillebeeckx, Edward, 363, 364, 395, 400
Schimbarea topologiei, 222, 246
Schrödinger, Erwin, 209
Schwartz, Jacob, 27, 28
Schweitzer, Albert, 4
Searle, John, 29, 47-48, 51-52
Semantică, 52
Sexul în viaţa de apoi, 319-321
Sf. Augustin, 8, 94, 267, 267, 326, 329, 330
Sf. Ieronim, 362
Sf. Clement, 168
Sf. Pavel, 4, 8, 29, 267, 301, 384, 385
Sf. Petru, 317
Sfântul Duh, 16-17, 227-230
Sheehan, Thomas, 12
Shen Kua, 95
Shen Yo, 339
Sigmund, Karl, 306
Simpson, George Gaylord, 138

Simularea manuală a programelor de calculator, 47-54
Simulări, 256-257. *Vezi şi* Emulaţii
Sintoism, 109
Sisif, mitul lui, 101-102
Sistem periodic, 122-123
Smith, Jane I., 378
Smith, John Maynard, 37, 153
Sonde spaţiale robot, 23, 632-643
autoreproducerea, 55, 58, 59, 63, 68
costul, 63, 65, 67, 641
fezabilitatea, 67
încărcătura, 56, 640-642
masa, 59-60, 62, 639
problema timpului, 64-65, 640
sintetizarea vieţii, 57, 59
sistemul de propulsie, 61-62, 65-67, 637
viteza, 61-62, 637
viteza de desprindere de sistemul solar, 59
Spaţiu-timp, 159-160, *160*, 161-163, 200-205
distincţia între spaţiu şi timp, 223
maximal, 205-208, 206, 207
Punctul Omega şi ~, 15, 141-142, 191-192
Spaţiul configuraţiilor, 113
Spaţiul datelor iniţiale, 201
Spaţiul fazelor, 112-117, 124, 126, 276
Spectrul de putere Harrison-Zel'dovich, 188
Spencer, Herbert, 130-131
Spengler, Oswald, 101
Stări cuantice, 275-280
Stewart, Balfour, 90
Stocarea şi procesarea informaţiei, 140
cantitate infinită a ~ viitoare, 168-171
creşterea monotonă a ~, 331-333, 334
de către maşinile inteligente, 26-29
limita superioară a vitezei ~, 277
sufletul şi ~, 158
viaţa şi ~, 154-158
Stoici, 93-94
Substanţă, noţiunea de ~, 397-398
Suflet, 1-2
în eshatologia creştină, 362-366
în eshatologia iudaică, 358-359
învierea şi ~, 281-282, 293
„nemurire", 296
Postulatul Vieţii Veşnice şi ~, 158
Supraom, 100

Taha, Mahmoud Mohamed, 379
Tait, P. G., 90, 111
Taoism, 94, 95, 363
viaţa de apoi în ~, 336-339
Tarski, Alfred, 239

Taub, Abraham, 170
Tehnologie, controlul ~, 104-106
Teilhard de Chardin, Pierre, 11, 137-144, 230
Teissier, Georges, 140
Teodicitate, 326-331
Teorema Copilului Nenorocit, 315
Teorema de Incompletitudine a lui Gödel, 16, 30-32, 39, 238, 239, 241
Teorema de Nerevenire, 127, 531-535
Teorema de Recurență a lui Poincaré, 112-118, 121, 125, 128, 522
Teorema de Recurență Cuantică, 121-125, 128, 527-531
Teorema de Recurență Markov, 118-120, 128, 522-527
Teorema de Neclasificare a Varietății 4-dimensionale, 236-238
Teorema imposibilității a lui Arrow, 250-251
Teorema Liouville, 115, 519-522
Teorema non-Clonării, 278-279, 293
Teoria Avantajului Comparat, 54
Teoria comerțului, 37, 54
Teoria continuității identității, 283-286
  emulații și ~, 293-298
Teoria heliocentrică a sistemului solar, xvi, 6-7, 130
Teoria jocurilor, 243, 247, 306-308, 313-317
Teoria locală de etalonare, 181
Teoria meteoriților, 389-390
Teoria microbiană a bolilor, 409-410
Teoria modelului identității, 283-286
  crezul lui Franklin în ~, 404-405
  eshatologia iudaică și ~, 356-358
  înlocuirea atomilor și ~, 293-294
  mecanica cuantică și ~, 286-293
  problema Corabiei lui Thezeu și ~, 291-293
  „reproducerea" unei ființe umane, 298-299
Teoria oricărui lucru, 260
Teoria Punctului Omega, xv, 1, 10, 12, 88, 115, 132
  completare a spațiu-timpului, 15, 179, 191-192
  contrastul de densitate al universului și ~, 187-190
  contribuțiile lui Teilhard, 137, 141-144
  crearea universului, 266-269
  creștinismul și ~, 19-20, 380-408

densitatea stărilor particulelor şi ~, 181
existenţa universului şi ~, 263
frontiera-c viitoare a universului ca punct singular (Punctul Omega), 141-142, 176-180, *177*, *180*,
Interpretarea Lumilor-Multiple şi ~, 210-211
istoria universală inclusă în Punctul Omega, 191-193, 195-197
masa particulelor sub-atomice şi ~, 181-185
miracolele şi ~, 385
nedeterminismul ~, 234-241
opinia personală a lui Tipler, 380
parametrul densitate al universului, 185-187
predicţiile testabile ale ~, 173-190
Principiul al Doilea al Termodinamicii şi ~, 90-91
problema divinităţii trinitare, 391-395
religia şi ~, 420-422
sensul vieţii şi ~, 102
sistemul mărginit al ~, 142-143
statutul de Dumnezeu al Punctului Omega, 14-15, 191-197
teodicitatea ~, 325-331
theismul ~, 253
universul închis şi ~, 174-176
Termodinamică, 112, 168, 287, 288, 290, 367-368. *Vezi şi* Principiul al Doilea al Termodinamicii
Tertullian, 302
Testul Turing, 24-25
Experimentul camerei chinezeşti, 47-53
Teza Church-Turing, 47, 557-560
Theism, 253
Tic-tac-toe, 314, 315, 316
Tillich, Paul, 4, 5, 6, 233
Timp
ciclic, 92-93, 111
conformal, 497
cosmologia cuantică şi ~, 217-218
determinism şi ~, 234
durată, tipuri de, 166-167
entropic, 503, 575
liniar, 94-95, 111
propriu, 497
sonde spaţiale robot şi ~, 64-65
subiectiv, 332, 562, 575
York, 127, 548
Toynbee, Arnold, 101
Traiectorie clasică, 220, 226
Traiectorie de fază, 225-226
Transsubstanţiere, 395-400, 416
Tuchman, Barbara, 322
Tug, Salih, 378
Tung Ku, 95

Turing, Alan, 24-25, 31, 242, 260
Tyndall, John, 410

Unamuno, Miguel de, 10
Univers
colapsul ~, 78-81, 146-147, 170-171, *171*, *172*, *173*, 179, 570
contrast de densitate, 187-190, 570-572
creat de Punctul Omega, 266-269
deschis, 144-145, 148
emularea ~, 258-259, 275-280
expansiunea maximă, dimensiunea ~, 185, 502
închis al Teoriei Punctului Omega, 174-176
înghiţit şi controlat de biosferă, 68-81, *73*, *74*, *75*, *76*, 179, 192
„marginea" universului vizibil, 188
modele de ~, 144-145, 496-497
neomogenitatea în ~, 187
parametrul densitate, 185-187, 499, 578-579
plan, 144-145
singularităţi, 126, 505-506
static al lui Einstein, 128
timp limitat al existenţei, 96, 500
timpuriu, xiii
topologia ~, 496, 541, 570, 598 (n. 21)
vizibil, x
Univers Friedmann, 166, 174, *175*, *177*, 178, 186, 496-506
Universuri Taub, 170, *171*, *172*, 176, 178, 577
Updike, John, 281

Varietate, definiţie, 201
Viaţa de apoi, xii, 18-19
despre fiinţele izbăvite (Iad şi Purgatoriu), 312-317
în budism, 342-347
în creştinism, 322, 362-366
în hinduism, 339-342
în islamism, 373-379
în iudaism, 354-362
în religiile africane, 347-350
în religiile băştinaşilor americani, 350-353
în taoism, 336-339
în Teoria Punctului Omega despre Rai, 316, 317-322
Viaţă
ca formă de procesare a informaţiei, 154-157
complexitatea ~, 147-148, 153
funcţia de undă universală ca sursă a ~, 227-230
vezi şi Postulatul Vieţii Veşnice
Vitalism, 137-140

Von Neumann, John, 55, 107, 168, 243, 313

Wald, Abraham, 243
Wang Ch'ung, 338
Washington, George, 401, 406
Weber, Max, 99
Weinberg, Steven, xiii, 12, 110, 181, 213, 410, 417-418, 422
  despre doctrina Morții Termice, 86-87
  despre reducționismul ontologic, 271-273
Wheeler, John A., 210
Wigner, Eugene, 125, 210
Wilbert, Johannes, 352
Wolfson, Harry, 364, 409

York, James, 127

Zakkai, Jochanan ben, 359, 364
Zermelo, 117
Zwingli, Huldrych, 397

Tiparul: „Monitorul Oficial“ R.A.

taias

fizica nemuririi

● Această carte reprezintă o descriere a Teoriei Punctului Omega, care este o teorie fizică testabilă pentru un Dumnezeu omniprezent, omniscient, omnipotent, care va învia într-o zi, în viitorul îndepărtat, fiecare părticică din noi, pentru a trăi veşnic într-un sălaş care în esenţă este Raiul iudeo-creştin...

● În această carte nu voi face apel nicăieri la revelaţie. În locul acesteia, voi apela la rezultatele consistente ale ştiinţei fizicii moderne; voi apela doar la raţiunea cititorului.

● Voi descrie mecanismul fizic al învierii universului. Voi arăta exact modul în care fizica va permite învierea către o viaţă veşnică a fiecăruia dintre noi care a trăit, trăieşte sau va trăi. Voi arăta exact de ce această putere de înviere, pe care fizica modernă o permite, va exista în realitate, în viitorul îndepărtat şi de ce, de fapt, va fi folosită.

frank j. tipler

ISBN 978-973-31-2327-9
9 789733 123279
>tehnica.ro